

דו"ח מסכם מתוקן לתכנית מחקר מספר 18-0593-430 (20-14-0024)

שנת המחקר: 2018 שלישית מתוך 3 שנים

פיתוח נישה של פרחי מאכל כמזון עם ערכים תזונתיים גבוהים: איתור מינים מבטיחים ולימוד תנאי

האריזה והאחסון

Developing a specific niche of edible flowers as a source of phytonutrients: Identifying promising species and studying their storage potential

מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות ופיתוח הכפר

ע"י

סוניה פילוסוף-הדס, חיה פרידמן, שמעון מאיר, ויקטור רודוב, יעקב וינוקור, סמיר דרובי, שושנה סלים,

תמר צדקה ואורן טל* - המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר הקטיף, מינהל המחקר החקלאי

* סטודנט למסטר.

Sonia Philosoph-Hadas, Haya Friedman, Shimon Meir, Victor Rodov, Yakov Vinokur, Samir Droby, Shoshana Salim, Tamar Zadka, Oren Tal –

Dept. of Postharvest Science of Fresh Produce, ARO, The Volcani Center.

E-mails:

Sonia Philosoph-Hadas, vtsoniap@volcani.agri.gov.il

Haya Friedman, hayafr@volcani.agri.gov.il

Shimon Meir, shimonm@volcani.agri.gov.il

Victor Rodov, vrodov@volcani.agri.gov.il

Yakov Vinokur, yvinokur@volcani.agri.gov.il

Samir Droby, samird@volcani.agri.gov.il

Shoshana Salim, shoshi@volcani.agri.gov.il

Tamar Zadka, tzadka@volcani.agri.gov.il

Oren Tal, orent@volcani.agri.gov.il; oren.tal@mail.huji.ac.il

תקציר

הבעיה: על מנת להרחיב את הנישה של פרחים למאכל יש לברור מינים ראויים בעלי טעם, ריח, מרקם וערך תזונתי מטיב ללא חומרים מזיקים, מרירות או עפיצות. מאחר ופרחי מאכל בשיווק מאופיינים כמוצרים המתכלים במהירות, בשל שינויי מרקם ומופע, ריקבון, וירידה בערך התזונתי, נדרש טיפול מותאם במהלך האחסון, עד הגעתם לבית הצרכן כדי לשמור על איכותם.

מטרות: המשך שיפור האריזות של פרחי המאכל המשווקים מסחרית, ופיתוח אמצעים לשלושה מינים של פרחי שום ולטולבגיה ריחנית, שנמצאו כבעלי פוטנציאל שיווקי גבוה.

שיטות: נבחנו מדדי איכות בארבעה מינים של פרחי מאכל המשווקים מסחרית (אמנון ותמר, ציפורן ננסית, טגטס ולוע ארי), באריזת כל צבע פרח בנפרד. בשלושה מיני שום ובטולבגיה ריחנית נבחנו גם שינויים בתכולת התיסולפיניטים והפוליפנולים, בוצעו מבחני חישה, וזוהו נדיפים ארומטיים בטולבגיה ריחנית בהשוואה לטולבגיה חריפה.

תוצאות עיקריות: אותרו ארבעה מיני פרחים חדשים המתאימים למאכל (שום שחור, משולש ודלתוני, וטולבגיה ריחנית), לאחר שאופיינו כבעלי פוטנציאל מבחינת סגולותיהם הבריאותיות, כושר האחסון, המופע והטעם. בפרחים אלו נמדדו פעילויות אנטי-חימצוניות גבוהות ורמות גבוהות של תיסולפיניטים ופוליפנולים, שנשתמרו כך גם בתום אחסון ממושך. מבין פרחי המאכל המסחריים, הפרחים הסגולים בלטו ברגישותם הנמוכה לריקבון כאשר הם נארזו כל צבע בנפרד. נמצאו הבדלים בתכולה הכללית ובסוגי הנדיפים בין שני מיני הטולבגיה, כאשר הטולבגיה הריחנית כללה בעיקר תרכובות ארומטיות בעלות ריח פרחוני נעים, בעוד שקבוצת הנדיפים העיקרית בטולבגיה החריפה כללה חומצות שומן בעלות ריח דוחה. הבדלים אלו מעידים על יתרון הטולבגיה הריחנית כפרח מאכל חדש בעל סיכוי גבוה להתקבל באופן חיובי בקרב הצרכנים.

מסקנות והמלצות: ניתן לאתר חומרים בעלי סגולות בריאותיות (פנולים, נוגדי חמצון, תיסולפיניטים) בפרחי מאכל חדשים, שעשויים להשפיע לטובה על בריאות הצרכנים ולמנף ע"י כך את שיווקם. חומרים אלו בעלי התכונות ההגנתיות, אחראים כנראה להעדר הריקבון בפרחי השום והטולבגיה שנבחנו. מומלץ על הרחבת הגידול של הפרחים המבטיחים שאותרו, שישמשו כתחליף לשום המסחרי. מאחר ופרחים בצבעים שונים נבדלים בכושר השתמרותם, כדאי לשווק את פרחי המאכל המשווקים מסחרית שנבחנו בעבודה זו, כל צבע בנפרד.

מעריכים מומלצים לבדיקת הדו"ח המדעי

1. פרופ' רינה קמנצקי, מינהל המחקר החקלאי
2. ד"ר אבנר כהן, מינהל המחקר החקלאי (גמלאי)

הצהרת החוקרת הראשית:

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

חתימת החוקרת 

תאריך: 14.5.2019

תוכן העניינים

סעיף	עמוד
דף פותח	1
מבוא – רקע מדעי קצר ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח	4
פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו ותוצאות המחקר שהתקבלו לתקופת הדו"ח	7
דיון הכולל מסקנות והשלכותיהן על המשך ביצוע המחקר	17
סיכום עם שאלות מנחות	20
ביבליוגרפיה	22
נספח תוצאות	24

ב. מבוא ובו רקע מדעי קצר ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח

פרחים עשויים להוות מקור חשוב של מספר רכיבים ביו-אקטיביים אשר יכולים להיות מוספים לתפריט כמזון בנוסף לפירות וירקות. היתרונות התזונתיים של פרחי מאכל מתבססים על הפרופיל המטבולי שלהם אשר מתאפיין בפיטונוטריינטים בעלי תפקידים חשובים במניעת מחלות דגנרטיביות ופתולוגיות הקשורות לעקת חמצון ומצבים דלקתיים. הפרחים מכילים רכיבים בעלי פעילות נוגדת חמצון ואנטי-דלקתית כמו פוליפנולים, קרוטנואידים, וויטמין C, וכן חומרים בריאותיים נוספים כגון: גלוקוזינולאטים, מינרלים, סיבים, וחומרים אורגנו-סולפאטים. הערך התזונתי של פרחי מאכל לעיתים אף גבוה יותר מזה של פירות וירקות, בעוד שערכם הקלורי זניח. מחקרים קודמים, שבוצעו בארץ (1, 3, 10, 14, 15, 26, 28) ובעולם (7, 9, 12, 16, 21) בנושא של פרחי מאכל מראים, שלפרחים יש סגולות רפואיות, וצרכנים בעולם מוכנים לשלם מחיר גבוה יחסית עבור מוצרים העונים לדרישות אלו. יש כיום עלייה בביקוש של פרחי מאכל בעולם (22), וצפוי ששוק פרחי המאכל העולמי יגדל בשיעור מרשים של 10.5% בשנה בין השנים 2018 עד 2022 (32). לכן, כדאי שישראל תשתלב במגמת עלייה זו. כיום יש מספר מגדלים ישראליים המייצאים מגוון מינים של פרחי מאכל באמצעות שלושה יצואנים לפחות, "אביב", אגריוור (Agriver) ו-SOLE (4, 19).

על מנת להרחיב את הנישה של פרחים למאכל יש לברור מינים ראויים בעלי טעם, ריח, מרקם וערך תזונתי מטיב ללא חומרים מזיקים, מרירות או עפיצות. אולם, פרחי מאכל בשיווק, בדומה לפרחי קטיף (2), מאופיינים כמוצרים המתכלים במהירות. כושר האחסון של מוצרים טריים אלו תלוי הן בתהליכי ההתכלות שחלים בהם והן ביכולתם להתגונן בפני גורמי מחלה שונים. התכלות הפרחים מתבטאת בשינויי מרקם ומופע (כמישה, איבוד צבע), בריקבון, וכן בירידה בערך התזונתי. לכן פרחי המאכל הקטופים דורשים טיפול מותאם לאורך כל השלבים החל מהקטיף ועד לבית הצרכן כדי לשמור על איכותם לאורך זמן. בין הגורמים המשפיעים על חיי המדף של פרחים ניתן למנות את הטמפרטורה (20, 21), סוג האריזה והלחות בה, והרכב האווירה (11). בנוסף, יש להתייחס לאיכות הטעם, הריח והמרקם של הפרחים. יתר על כן, מאחר ועניין הצרכנים בפרחי מאכל מבוסס בין היתר על ערכם הבריאותי, ותכולת הפיטונוטריינטים בפרחים משתנה במהלך האחסון, יש ללמוד שינויים אלו ולגבש תנאי אריזה ואחסון נאותים לשימורם בהתאמה לסוגי הפרחים.

הצורך בהדברת גורמי הריקבון בפרחי מאכל תוך הפחתת השימוש בתכשירים סינתטיים דורש מציאת פתרונות ביולוגים חלופיים כמו שימוש באווירה מתואמת באריזות (27) ו/או יישום מוצרים המבוססים על חומרי טבע. אחד מהחומרים המבטיחים הוא כיטוזן, הנגזרת של כיטין (באנגלית: Chitin), אשר נמצא בדופן התא של פטריות, ובשלד החיצוני של פרוקי רגליים. כיטוזן מאופיין בתכונות אנטי-מיקרוביאליות ובכושר השראת תגובה הגנתית (אליסטיציה) ברקמות צמחיות (8).

המטרה הכללית של התוכנית היא פיתוח נישה חדשה בעלת ערך מוסף לשימוש בפרחים כמוצרי מזון בריאותי עפ"י השלבים הבאים: **א**) פיתוח קריטריונים לסלקציה של פרחים למאכל על סמך חיי מדף ארוכים בציון, פרופיל מטבולי חיוני לתזונה, עמידות לפתוגנים, ותכונות חישה מיטביות (טעם, ריח ומרקם); **ב**) פיתוח טיפולי אחסון שונים לפרחים ואריזות חדשניות במטרה לשמר את המאפיינים הנ"ל. לצורך זה יבחנו מדדי הזדקנות שונים (איבוד משקל, רמות פיגמנטים, דליפת יונים, תכולת מים יחסית), רמות של מטבוליטים חיוניים

(נוגדי חמצון, סיבים תזונתיים, פוליפנולים, מינרלים, גלוקוזינולאטים), עמידות לפתוגנים ותכונות טעם, ריח ומרקם במהלך אחסון וחי" מדף; ג) עפ"י המאפיינים השונים, יגובשו מסקנות לגבי מיני הפרחים שיהיו בעלי עדיפות לפיתוח נוסף ולשיווק, ויורחב גידולם.

המטרות הספציפיות לשנת המחקר הראשונה:

מזון בריאותי, היה צורך להרחיב את מגוון הפרחים הקיימים בארץ והעשויים לשמש כפרחי מאכל, וזאת בנוסף ל- 15 מיני הפרחים המיוצאים כיום. המטרות הספציפיות כללו: א) הכנת רשימה של פרחי מאכל פוטנציאליים עפ"י הספרות ואיתורם בארץ; ב) סקירה ראשונית ומהירה של רמות מרכיבי בריאות בפרחים השונים באמצעות מכשירים המאפשרים כימות מהיר ובלתי הרסני, ובדיקות מתכלות של פיגמנטים, נוגדי חמצון ופנולים; ג) בחינת עמידות לפתוגנים של הזנים שהראו תכולה גבוהה של מרכיבי בריאות; ד) ביצוע מבחני טעם בזנים העמידים; ה) גיבוש רשימת פרחים חדשים המתאימים להמשך פיתוח כפרחי מאכל על בסיס פרופיל מטבולי גבוה החיוני לתזונה, עמידות לפתוגנים ומאפיינים טובים של טעם, ריח ומרקם.

עיקרי התוצאות שהתקבלו בשנת המחקר הראשונה:

בשנה א' של המחקר הורחבה סקירת הפרחים העשויים לשמש כפרחי מאכל על בסיס העבודה הקודמת של החוקרים השותפים (1, 3, 10, 14, 15, 26) והידע הקיים בספרות (7, 9, 11, 12, 20, 21, 23). נבחנו פרחים מהסוגים טולבגיה ושום (טולבגיה ריחנית, שום אשרסון, שום שחור ושום דלתוני) כמקור לתיסולפיניטים כגון אליצין; ציפורן ננסית ואמנון ותמר - כמקור למינרלים ופנולים; כובע נזיר צהוב וכתום - כמקור לגלוקוזינולאטים וקרוטנואידים; טגטס - כמקור לפלבנואידים וקרוטנואידים; כליל החורש, מורינגה מכונפת וחמצץ ורוד. מכל סוג פרחים נבחנו מספר מינים וזנים לפי הקיים בשטח. הסקירה הראשונית כללה בדיקה מהירה של רמות מרכיבי בריאות בפרחים השונים: רמות של נוגדי חמצון ופיגמנטים (אנתוציאנינים וקרוטנואידים), כדי להגיע לרשימה של פרחים שכדאי להמשיך ולפתח מבחינת אריזה ואחסון. בנוסף, נבדקה עמידות הפרחים לפתוגנים וזיהויים. הפרחים שעברו את מבחן העמידות נבחנו לתכונות חישה מיטביות של טעם וריח. הצפי היה להגיע בשנה זו לרשימת פרחים חדשים המתאימים להמשך פיתוח כפרחי מאכל על בסיס פרופיל מטבולי גבוה החיוני לתזונה, עמידות לפתוגנים ומאפיינים טובים של טעם וריח.

מהתוצאות הראשוניות שהתקבלו בשנה א' נראה, שלפרחי הסוגים שום וטולבגיה שנבחנו בעבודה זו לראשונה, יש פוטנציאל גבוה לשיווק כפרחי מאכל עם טעם עדין של שום המוכר והידוע, ועם ערכים בריאותיים נוספים (7, 13, 25). כמו כן, התוצאות הראשוניות מראות כי באופן כללי, פרחים מהסוגים שום וטולבגיה הם בעלי פוטנציאל אחסון טוב בכך שכמישתם מועטה והם אינם מאבדים מרמות נוגדי החמצון בצורה משמעותית בתום האחסון. יחד עם זאת, חלק מפרחי השום בעייתיים בגלל הריח הלא נעים המתקבל לאחר האחסון ויש להתמקד בהמשך בפרחים בהם אין ריח כזה, ובחלק מהם (שום אשרסון) יש חומרים רעילים האסורים למאכל (ספונינים). בהמשך, ייבחנו השינויים במדדי האיכות בין המינים בהדמיות ותנאי אחסון שונים, וכן ייבדקו מרכיבי הבריאות האחראים לפעולות נוגדות החמצון והמרכיב הבריאותי העיקרי שלהם, האליצין מקבוצת התיסולפיניטים, לפני ואחרי האחסון, תוך התמקדות במינים שנבחנו בעבודה זו לראשונה. גם לגבי מיני הפרחים המשווקים כבר בצורה מסחרית כפרחי מאכל שנבחנו בעבודה זו (טגטס, אמנון ותמר, ציפורן ננסית וכובע הנזיר), התוצאות מראות שניתן לשפר את אחסונם לזמן ממושך יחסית מבלי שייפגעו סגולותיהם

הבריאותיות. בנוסף, מאחר והפרחים האלו נבחנו באחסון של תערובת של מספר צבעים כפי שהם משווקים כיום, יש לאפיין את מדדי האיכות בהם בצורה דיפרנציאלית של כל צבע בנפרד. לגבי שאר הפרחים שנבחנו בשנה זו (כליל החורש, מורינגה מכונפת, וחמצץ ורוד) הוחלט שלא להמשיך איתם בשלב זה, בשל העדר פוטנציאל מבטיח.

המטרות הספציפיות לשנת המחקר השנייה כללו:

לפרחים שאותרו כמיטביים בשנה א' במטרה לשמר את המאפיינים הנ"ל לאורך זמן בחיי מדף. לצורך זה בוצע מעקב אחר השתנות מדדי האיכות ורמות מרכיבי הבריאות במהלך האחסון וחיי המדף בפרחי המאכל המיטביים שאותרו בשנה א', והוגדרו המטרות הספציפיות הבאות: א) אפיון דיפרנציאלי של כושר האחסון ורמות של נוגדי חמצון בפרחי אמנון ותמר, ציפורן ננסית וטגטס באריזת כל צבע בנפרד; ב) מעקב אחר השתנות העמידות לפתוגנים בפרחים אלו; ג) בחינת מדדי הטעם, הריח והארומה במהלך האחסון של פרחי שום; ד) בדיקת רמות של נוגדי חמצון ותיאוסולפיניטים (אליצין) במהלך האחסון של פרחי שום וטולבגיה ריחנית; ה) בדיקת רמות של נדיפים בפרחי טולבגיה ריחנית. עפ"י הצלבת המאפיינים השונים, נוכל לגבש מסקנות לגבי מיני הפרחים שיהיו בעלי עדיפות לפיתוח נוסף ולשיווק, אשר יהיו עמידים בתנאי אחסון בקירור למשך שבועיים ללא שינוי משמעותי במרכיביהם הבריאותיים, המורפולוגיים והביוכימיים, ואשר יראו עמידות לפתוגנים ומאפיינים טובים של טעם וריח.

עיקרי התוצאות שהתקבלו בשנת המחקר השנייה:

את הגורמים הבאים במגוון פרחי מאכל ידועים מהמגדל המסחרי, ובפרחים מ-3 מיני שום שונים וטולבגיה ריחנית, שאותרו כמבטיחים בשנה א' למחקר.

בשנה ב' אופיינו מדדי האיכות בהם בצורה דיפרנציאלית של אריזת כל צבע בנפרד, תוך השוואת שני סוגי אריזה, מעדנית וקלקר עם יריעת פוליאולפין, בהשוואה לאריזת המגדל שכללה קלקר ויריעת PVC. כן נמצא בשנה א' שלפרחי הסוגים שום וטולבגיה שנבחנו בעבודה זו לראשונה, יש פוטנציאל גבוה לשיווק כפרחי מאכל עם טעם עדין של שום המוכר והידוע, ועם ערכים בריאותיים נוספים (13). יחד עם זאת, מאחר וחלק מפרחי השום בעייתיים בגלל הריח הלא נעים המתקבל לאחר האחסון, התמקדנו בשנה ב' בפרחים בהם אין ריח כזה. לשם כך גם ביצענו מבחני טעימה במיני השום המבטיחים וזיהינו נדיפים ארומטיים בשני מיני הטולבגיה. בנוסף, המשכנו לבחון את השינויים במדדי האיכות בין המינים בהדמיות ותנאי אחסון שונים, וכן בדקנו את מרכיבי הבריאות האחרים לפעולות נוגדות החמצון ואת המרכיב הבריאותי העיקרי שלהם, האליצין (באמצעות כימות התיאוסולפינאטים) לפני ואחרי האחסון.

התוצאות שהתקבלו בבחינת שלושת מיני השום והטולבגיה הריחנית מראות כי באופן כללי, שלפרחים מהסוגים שום וטולבגיה הם בעלי פוטנציאל אחסון טוב, עם עלייה משמעותית ברמת המרכיבים הבריאותיים, כאשר אריזת המעדנית עדיפה על אריזת הקלקר עם פוליאולפין. בכל ארבעת המינים שנבחנו, נמצא שרמת המטבוליטים הייתה גבוהה בתום האחסון בהשוואה לרמתם ההתחלתית. כנראה הדבר נובע מעליית מטבוליטים בתגובה לעקת קור שהתרחשה במהלך הדמיית האחסון. יש להדגיש, שבשלושת מיני השום בכל האריזות לא התפתח ריקבון כלל, כנראה בשל התכונות ההגנתיות של נוגדי החמצון והתיאוסולפינאטים. בנוסף נראה, ששלושת מיני השום שנבחנו אכן יכולים לשמש כתחליף לשום המסחרי מבחינת מדדי האיכות והדמיון

שלהם לטעמי השום המוכרים.

מאנליזת הנדיפים בשני מיני הטולבגיה נמצא, שההרכב שהתקבל בפרחי טולבגיה חריפה אכן תואם את המדווח בספרות (7, 25). האנליזה שבוצעה לראשונה בפרחי טולבגיה ריחנית מצביעה על מספר נדיפים ארומטיים, שלא נמצאו בטולבגיה החריפה, וכנראה אחראים לריח הנעים של פרחי הטולבגיה הריחנית, שדומה לרית הנעים של פרחי יקינטון עם תכולה גבוהה של 2-Phenylethanol (18). בהמשך העבודה, הנדיפים שזוהו יעברו אנליזה כמותית, והיחס ביניהם, כדי לוודא מהו הנדיף הדומיננטי בכל אחד ממיני הטולבגיה, וע"י כך ניתן יהיה לאפיין את הנדיפים הייחודיים לטולבגיה הריחנית, אשר אחראים לריח הנעים של הפרחים.

ג. פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו ותוצאות המחקר שהתקבלו בשנה ג'

המטרות הכלליות שהוגדו לשנה ג' כללו: (א) פיתוח אריזות ייחודיות למיני הפרחים השונים שנמצאו בשנה ב' כמתאימים להמשך פיתוח ושיווק, במטרה להגיע לאחסון ממושך שלהם; (ב) ביצוע מעקב אחר השתנות המדדים השונים שתוארו לעיל בהשפעת האריזות השונות, כדי להגיע למסקנות בקשר לאריזות המיטביות לכל סוג או מין של פרח; (ג) גיבוש מסקנות לגבי מיני הפרחים שיתאימו למשלוח ואחסון ממושך באריזות השונות, מבלי לאבד את ערכיהם התזונתיים והחזותיים, והעברת ההמלצות למגדלים.

המטרות הספציפיות כללו: (א) המשך בחינת מאפיינים ומבחי טעם בפרחי מאכל מהמגדל המסחרי; (ב) המשך אפיון המטבוליטים (כולל פוליפנולים) בפרחים המבטיחים מהסוגים שום וטולבגיה לאחר אחסון במשטרי אחסון שונים ובהשפעת תוספים לאריזות; (ג) ביצוע מבחני חישה מפורטים בפרחים המבטיחים מהסוגים שום וטולבגיה; (ד) זיהוי וביצוע אנליזה כמותית והשוואתית בנדיפים שנפלטו וזוהו באריזות של פרחי טולבגיה ריחנית וחריפה וחשוב היחס ביניהם, כדי לוודא מהו הבסיס הכימי למאפייני החישה של המינים.

שיטות:

מגדלים: דורון חביב, כפר ויתקין (אמנון ותמר, לוע ארי); שלומי סגל, בצרון (שום וטולבגיה).
צורות אריזה: פרחים מנותקים או תפרחות שלמות (בהתאם לסוג הפרח); עם או בלי נייר לח; עם או בלי משטח לבקרת לחות (HC = Humidity Control) מסוג FreshGuardHC (חברת McAirLaid, Germany), בדרגת ספיגת לחות גבוהה (משטח אדום - FreshGuard HC 6.0) או נמוכה (משטח שחור - FreshGuard HC 3.0).

סוגי אריזות: הפרחים אוחסנו בשני סוגי אריזות:

(א) קלקר - מגשית פוליסטירן מוקצף, דגם AP 2/D בגודל של 180 x 135 x 37 מ"מ; יצרן: חב' Ay-Pack Izmir, Ambalaj, טורקיה; ספק: חברת GTC, אשדוד, ישראל, עטופה ביריעת סטרץ' נצמד מסוג פוליאולפין, דגם Suntec S/type C, K-400T, יצרן: Tokyo, Asahi Chemical Industry Co. Ltd. יפן. יריעת הפוליאולפין נחשבת ליריעה עדיפה על יריעת PVC (polyvinyl chloride), בשל היותה ידידותית לסביבה ובעלת חדירות נמוכה לגזים ולאדי מים (5).

(ב) מעדנית - מסוג "מעדנית 60" עשויה פוליאיתילן טרפֶּתֶאלט (Polyethylene terephthalate, PET) בגודל של 165 x 135 x 70 מ"מ (חברת פלסטו-ווק, ראשל"צ, ישראל) עם מכסה מחובר, בעל אטימות

גבוהה למניעת בריחה של אוויר ונוזלים (לפי נתוני היצרן), שקיפות גבוהה לתצוגת מוצר ברורה, וצורה נוחה וקלה לאריזה.

משטרי אחסון: הדמיה ארוכה של 2-3 ימים ב- 6 מ"צ + 6-11 ימים ב- 4 מ"צ (הדמיית משלוח אווירי ואחסון במקרר בחנות ובבית הצרכן).

טיפולים: טבילה או ריסוס ב- 0.4% כיטוזן, מוצר להדברה ביולוגית המבוסס על מולקולה כימית טבעית המופקת מכיטין של שלד חרקים (8).

מדדים פיזיקליים, פיסיולוגיים וביוכימיים לפני ו/או בתום האחסון: ריכוזי חמצן ופד"ח באריזה, אחוז איבוד משקל, אחוז תכולת מים, אחוז פרחים כמושים, אחוז ריקבון באריזה, פעילות נוגדת חמצון הידרופילית וליפופילית, רמות של תיוסולפינטיים ופוליפנולים (בפרחי שום וטולבגיה), ואפיון נדיפים (בפרחי טולבגיה). הפרחים נשקלו לפני ואחרי האחסון לצורך חישוב שינויי המשקל ותכולת מים. אחוזי הפד"ח והחמצן באריזות בתום האחסון נמדדו בעזרת מכשיר נייד לבדיקת ריכוזי גזים (Witt-Gasetechnik GmbH, Oxy Baby - Witten, Germany). לצורך קביעת רמות המטבוליטים השונים, דוגמאות רקמה הוקפאו לפני ואחרי האחסון, עברו ליופיליזציה, נכתשו ועברו תהליך מיצוי לשתי פאזות של נוגדי חמצון, הידרופילית וליפופילית (29, 31). רמות התיוסולפינטיים נקבעו עפ"י פרוטוקול שפותח במעבדתנו לפרחים, והתבסס על הספרות (17, 33). רמות הפוליפנולים נקבעו במיצוי של מתנול חומצי עם HCl 1% כמפורט בספרות (6).

מבחני חישה בפרחים: בוצעו באמצעות צוות של 10 טועמים רלוונטיים כחלק מפאנל קבוע במחלקה לאחסון, להם חולקו שאלונים המבוססים על מידע בספרות (13), שנבנו בצורה שתאפשר להעריך את המדדים השונים גם ללא ידע או ניסיון קודם עם פרחי שום או פרחים אחרים. הטועמים התבקשו לדרג את מאפייני החישה של הפרחים - טעם, ריח ומראה, עפ"י מדד העדפה, שהוגדר בסולם הדוני בטווח של 1-9, כאשר 1 = לא מועדף כלל; 9 = מועדף מאד. מדד ההעדפה נבחן בפרחים לפני ואחרי אחסון. בנוסף, נבחנה תדירות החישה (באחוזים) של חמישה סוגי טעם (עשבוני, חריף, בצלי, שומי ומתוק) בפרחי שום וטולבגיה ללא אחסון. בפרחי אמנון ותמר ולוע ארי נבחנה תדירות החישה של שישה סוגי טעם (מתוק, אגוזי, חריף, עשבוני, מריר וטעמי לוואי) לאחר האחסון.

אפיון זיהוי של חומרים נדיפים באריזות של פרחי טולבגיה: בדיקת רמות החומרים הנדיפים שהצטברו באריזת הפרחים התבצעה בשיטת Solid-Phase Micro Extraction (SPME) (24) עם שינויים שפותחו במעבדתנו (30). פרחי טולבגיה משני מינים אוחסנו באריזת קלקר עטוף ביריעת סטרץ' למשך 3 ימים ב- 6 מ"צ ו- 7 ימים ב- 4 מ"צ. הדיגום נעשה לאחר 3, 6 ו- 10 ימים. ביום הדיגום האריזות עם הפרחים הוצאו מהקירור והודגרו למשך 30 דקות בטמפרטורת החדר. הנדיפים שהצטברו באריזות הפרחים של שני מיני הטולבגיה, ריחנית וחריפה, בתום האחסון נבדקו באמצעות גז כרומטוגרף (24). לשם כך הוחדרה לתוך אריזת הקלקר מחט שבתוכה סיב ה-SPME לספיחת הנדיפים במשך כ- 20 דקות, בתום ההדגרה הסיב עם הנדיפים הספוחים הוכנס למכשיר הגז כרומטוגרף. החומרים הנדיפים הופרדו ע"ג קולונה במשך הרצה של 27 דקות, ועברו מספר שלבים במכשיר עד זיהויים ואפיון השיאים שלהם באמצעות תוכנת מחשב (7, 25). זיהוי החומרים בוצע באמצעות דטקטור מס-ספקטרומטרי בעזרת ספרייה של ספקטרה. לכל חומר ישנה שכיחות שונה בהרכב הגזים באווירה שנוצרה באריזה. הרכב הנדיפים שהצטברו באריזות עם הפרחים הושווה להרכבם באריזת

ביקורת (קלקר עטוף ביריעת סטרץ' ללא פרחים), כדי לנטרל נדיפים שמקורם מהאריזה.

ג.1. פרחי מאכל ממגדל מסחרי – אמנון ותמר (*Viola tricolor*) ולוע ארי (*Antirrhinum majus*) –

אפיון דיפרנציאלי של פרחים מכל צבע מהמינים השונים

מהתוצאות שהתקבלו בשנה א' באחסון פרחים שהובאו מהמגדל המסחרי (ציפורן ננסית, אמנון ותמר, כובע נזיר וטגטס) בתערובת של 3 צבעים נראה, שניתן להמשיך ולשווק פרחים אלו באופן מסחרי, גם לאחר אחסון ממושך באריזת קלקר של המגדל ובנוכחות נייר לח באריזה. מהתוצאות שהתקבלו בשנה ב', כאשר נבחן כושר האחסון של כל צבע בנפרד בכל אחד מהמינים הנ"ל, ניתן היה לכייל תנאי אחסון ואריזות מיטביות המתאימות לכל צבע בנפרד. נמצא, שעדיף לארוז כל צבע של פרחים מאותו מין בנפרד, שכן יש צבעים מסוימים שעמידים יותר בהשוואה לצבעים אחרים. בשנה הנוכחית הכוונה הייתה לבצע בדיקות חישה במינים השונים שהובאו מהמגדל המסחרי ושנבחנו בשנה ב', אך לצערנו לא ניתן היה להשיג מהמגדל את רוב הפרחים האלו (בעיקר בשל תנאי מזג האוויר), ולכן הבדיקות שלנו התמקדו בשני מינים בלבד, אמנון ותמר מ- 3 צבעים (סגול, לבן וצהוב) ולוע ארי משני צבעים (אדום ובורדו). בנוסף, בחנו את היעילות של טיפול בכיטוזן, כאמצעי להפחתת נגיעות בפתוגנים.

ג.1.1.1. אמנון ותמר: פרחי אמנון ותמר משלושת הצבעים שנארזו במגשיות קלקר + יריעת פוליאולפין

שמרו על משקלם ההתחלתי לאחר הדמיית אחסון של יומיים ב- 6 מ"צ ו- 8 ימים ב- 4 מ"צ, כאשר הטיפולים בכיטוזן כמעט ולא השפיעו על שינוי המשקל (איור 1א). אחוז הכמישה בתום האחסון של הפרחים הסגולים בכל הטיפולים היה נמוך באופן משמעותי (3%) מזה של הפרחים הלבנים והצהובים, שבהם אחוזי הכמישה הגיעו ל- 35-40% בביקורת ולאחר ריסוס בכיטוזן, ורק טיפול הטבילה בכיטוזן הפחית בהם את אחוז הכמישה ל- 20-18% (איור 1ב). אחוז הפרחים עם רקבונות היה נמוך יחסית בפרחים הסגולים והגיע ל- 20% ללא תלות בטיפול, בעוד שבפרחים הלבנים והצהובים אחוז הרקבונות היה גבוה (60-80%), וגם הוא לא הושפע כמעט מהטיפול בכיטוזן (איור 1ג). יחד עם זאת נראה, שטיפול הריסוס בכיטוזן, הפחית במקצת את אחוז הרקבונות בפרחים אלו בהשוואה לפרחי הביקורת (איור 1ג). נראה, שניתן לייחס את אחוז הרקבונות הנמוך בפרחים הסגולים לריכוז תרכובות פנוליות הגבוה בפרחים אלו המתבטא בצבע הסגול של האנתוציאנינים.

בהתאמה לתוצאות של היציבות במשקל הפרחים במהלך האחסון, תכולת המים בפרחים משלושת הצבעים נשמרה ברמה ההתחלתית בתום האחסון, ואף עלתה במקצת מעל לרמה ההתחלתית לאחר טיפול הטבילה בכיטוזן (איורים 1ד'-1ו'). הרכבי האווירה באריזות היו דומים בשלושת צבעי הפרחים ובכל הטיפולים (איורים 1ז'-1ט'), ורק באריזת הפרחים הסגולים (איור 1ז') והלבנים (איור 1ח') נצפתה רמה גבוהה יותר של פד"ח לאחר טיפול הטבילה בכיטוזן. מופע הפרחים בתום האחסון מוצג באיור 2. נראה, שלפרחי אמנון ותמר סגולים יש כושר אחסון גבוה יותר בהשוואה לפרחי אמנון ותמר לבנים או צהובים, בדומה לממצאים שהתקבלו בשנה ב', כנראה בשל תכולת התרכובות הפנוליות הגבוהה שלהם.

ג.1.1.2. לוע הארי: פרחי לוע ארי משני הצבעים שנארזו במגשיות קלקר + יריעת פוליאולפין שמרו על

משקלם ההתחלתי לאחר הדמיית אחסון של יומיים ב- 6 מ"צ ו- 8 ימים ב- 4 מ"צ, כאשר הטיפולים בכיטוזן כמעט ולא השפיעו על שינוי המשקל (איור 2א). טיפול הריסוס בכיטוזן לא השפיע בפרחים בצבע האדום, אך

הפחית במקצת את אחוז הפרחים עם רקבונות בפרחים בצבע הבורדו. לעומת זאת, טיפול הטבילה בכיטוזן הגביר הצורה משמעותית את אחוז הפרחים עם רקבונות בפרחים משני הצבעים (איור 2ב'). תכולת המים בפרחים בתום האחסון הייתה דומה לתכולת המים בתחילתו, ואף עלתה לאחר טיפול הטבילה בכיטוזן בפרחים משני הצבעים (איורים 2ג', 2ד'). ריכוזי הגזים באריזות שני צבעי הפרחים היו דומים, כאשר אחוז הפד"ח היה גבוה במקצת לאחר טיפול הטבילה בכיטוזן (אורים 2ה', 2ו'). פרחי לוע הארי משני הצבעים לא סבלו מכמישה (תוצאות לא מובאות), והמופע שלהם היה יפה בתום האחסון (איורים 4A-4C). יחד עם זאת, טיפול הטבילה בכיטוזן גרם לנזק, שהתבטא בהיפרדות עלי הגביע מעלי הכותרת (איור 4D). נראה לכן שטיפול הטבילה בכיטוזן אינו מתאים לפרחים אלו.

ג.1.3. מבחני חישה לפרחי אמנון ותמר ולוע הארי: מבחני תדירות החישה שבוצעו בפרחי שום וטולבגיה כמתואר בספרות (13), יושמו בפרחי אמנון ותמר לבן ובפרחי לוע ארי משני הצבעים בתום האחסון. מהתוצאות המסוכמות באיור 5א' נראה, שמרבית הטועמים ייחסו לאמנון ותמר הלבן את הטעמים מתוק, אגוזי ועשבוני, אך גם הטעם המריר היה ניכר (איור 5א'). לעומת זאת, בפרחי לוע ארי אדום ובורדו שלט הטעם המריר, ושאר הטעמים החיוביים כמעט ולא היו ניכרים (איורים 5ב', 5ג'). כנראה שהטעם המריר היה דומיננטי בפרחים אלו בשל האחסון הממושך, שכן בפרחים שלא אוחסנו לא הורגשה המרירות (תוצאות לא מובאות).

2.2. פרחים מהסוגים שום (*Allium*) וטולבגיה (*Tulbaghia*) – משפחת הנרקסיים

ג.1.2. שום שחור (*Allium nigrum*): במרבית הניסויים שבוצעו בשנים א' וב' בפרחי שום וטולבגיה, נבחן משטר אחסון של מספר ימים ב- 10 מ"צ, כהדמיה לאחסון הפרחים במדף מצונן בחנות. מאחר והדבר גרם לעיתים לירידה באיכות הפרחים, נבחן בשנה הנוכחית אחסון ממושך יותר ב- 4 מ"צ, כהדמיה למדף מקורר בחנות ולשהייה במקרר ביתי.

בפרחי השום השחור שאוחסנו בהדמיה ארוכה ב- 4 מ"צ נוצרה בכל האריזות אווירה מתואמת, שהגיעה בתום האחסון לרמות של 5-9% פד"ח ו- 10-17% חמצן באריזות המעדנית, ו- 9% פד"ח ו- 11% חמצן באריזות הקלקר (איור 6A). אחוז הפרחים הכמושים היה גבוה יותר באריזות הקלקר והגיע עד ל- 2-3% לעומת אריזות המעדנית, בהן אחוז הכמישה היה 1-1.5% בלבד (איור 6B). יש לציין, שבאריזות הקלקר והמעדנית שהכילו משטחים סופגי לחות נצפתה כמישה גבוהה יותר מאשר בטיפולים שלא כללו אותם (איור 6B). אחוז איבוד המשקל הגיע ל- 2% באריזות הקלקר ועלה עד ל- 4% באריזות הקלקר עם המשטחים סופגי הלחות (איור 6C). אחוז איבוד המשקל הראה מגמה דומה והיה גבוה יותר באריזות הקלקר מאשר באריזות המעדנית, והגיע לשיא של 5% באריזות הקלקר שכללו משטחים סופגי לחות (איור 6D).

רמת הפעילות של נוגדי החמצון ההידרופיליים נשמרה גבוהה בכל האריזות, ובחלקן נצפתה עליה קלה לאחר האחסון בהשוואה לרמתם לפני האחסון, שהגיעה לרמה של 85 מיקרומול TE לג' משקל יבש (איור 6E). רמת נוגדי החמצון בפאזה הליפופילית עלתה בכל האריזות בהשוואה לרמתם לפני האחסון ונעה בטווח של 1.2-0.5 מיקרומול TE לג' משקל יבש (איור 6F). גם תכולת התיסולפיניטים עלתה בכל האריזות בהשוואה לרמתם לפני האחסון והגיעה לטווח של 3-6 מ"ג לג' משקל יבש (איור 6G). תכולת הפוליפנולים עלתה במעט מאז תחילת האחסון ונעה בין 3-5 מ"ג חומצה גאלית לג' משקל יבש (איור 6H).

נראה כי עבור תפרחות השום השחור אריזת המעדנית ללא משטחים סופגי לחות מצליחה לשמור על מדדי האיכות בצורה הטובה ביותר לאחר האחסון. כמו כן, על אף הפער ברמת נוגדי החמצון לפני האחסון בשני הניסויים שבחנו משטרי אחסון שונים, הרמה שלהם בתום שני משטרי האחסון הייתה דומה והגיעה לכ- 80 מיקרומול TE לג' משקל יבש.

2.2.ג. שום משולש (*Allium neapolitanum*): מתוצאות אחסון פרחי השום המשולש כתפרחות

במשטר אחסון של הדמיה ארוכה ב- 4 מ"צ ניתן לראות שבכל האריזות נוצרה אווירה מתואמת שהגיעה בתום האחסון לרמות של 1-2% פד"ח ו- 20% חמצן (איור 7A). אחוז הפרחים הכמושים היה גבוה יותר באריזות שכללו משטחים סופגי לחות לעומת שאר הטיפולים באותה האריזה, והגיע לשיא של 11% באריזת הקלקר עם משטח סופג לחות שחור לעומת 2% באריזת קלקר עם נייר לח (איור 7B). אחוז איבוד המשקל היה נמוך באריזות שכללו משטחים סופגי לחות בהשוואה לאריזות שלא הכילו אותם באותו סוג אריזה, והיה הנמוך ביותר באריזות מעדנית ללא משטחים סופגי לחות (1-2%) לעומת 7-8% באריזות הקלקר עם משטחים סופגי לחות (איור 7C). הירידה בתכולת המים לאחר האחסון הייתה גבוהה יותר בטיפולים של אריזת קלקר מאשר במעדנית והגיעה ל- 10% באריזת הקלקר עם משטח סופג לחות שחור לעומת 5% באריזת מעדנית עם נייר לח (איור 7D).

רמת נוגדי החמצון בפאזה ההידרופילית עלתה בחלק מהאריזות בתום האחסון, ונעה בטווח של 10-16 מיקרומול TE לג' חומר יבש (איור 7E). רמת נוגדי החמצון בפאזה הליפופילית עלתה בכל האריזות בתום האחסון ונעה בטווח של 1-1.8 מיקרומול TE לג' חומר יבש (איור 7F). תכולת התיסולפיניטים עלתה בכל סוגי האריזות בתום האחסון ונעה בטווח של 0.8-1.2 מ"ג לג' חומר יבש, כאשר הערך הגבוה ביותר היה באריזת הקלקר עם נייר לח (איור 7G). תכולת הפוליפנולים עלתה בתום האחסון ונעה בטווח של 2-3 מ"ג חומצה גאלית לג' חומר יבש (איור 7H). מתוצאות אלו נראה כי עבור תפרחות השום המשולש אריזות המעדנית והקלקר ללא משטחים סופגי לחות מצליחות לשמור על מדדי האיכות בצורה הטובה ביותר לאחר האחסון.

3.2.ג. שום דלתוני (*Allium triquetrum*): בכל האריזות של פרחי השום הדלתוני שאוחסנו בהדמיה

ארוכה ב- 4 מ"צ נוצרה אווירה מתואמת, שהגיעה בתום האחסון לרמות של 2-3% פד"ח ו- 19-20% חמצן (איור 8A). אחוז הפרחים הכמושים באריזות עם המשטחים סופגי הלחות היה גבוה בצורה משמעותית והגיע ל- 90-100% לעומת האריזות ללא המשטחים סופגי הלחות בהן הכמישה הגיעה ל- 5-10% בלבד (איור 8B). אחוז איבוד המשקל היה הנמוך ביותר (4%) באריזות קלקר עם או בלי נייר לח, בהשוואה לאריזות הקלקר עם המשטחים סופגי הלחות, ולכל אריזות המעדנית בהן אחוז איבוד המשקל הגיע ל- 8% (איור 8C). הירידה בתכולת המים לאחר האחסון הייתה דומה בכל האריזות, ונעה בטווח של 4-6% (איור 8D).

רמת נוגדי החמצון בפאזה ההידרופילית עלתה בחלק מהאריזות מתחילת האחסון ונעה בטווח של 19-23 מיקרומול TE לג' חומר יבש (איור 8E). רמת נוגדי החמצון בפאזה הליפופילית עלתה בכל האריזות ונעה בין בטווח של 0.6-0.8 מיקרומול TE לג' חומר יבש (איור 8F). תכולת התיסולפיניטים עלתה בכל סוגי האריזות מתחילת האחסון ונעה בטווח של 3.2-4 מ"ג לג' חומר יבש, והגיעה לרמה הגבוהה ביותר באריזת הקלקר עם נייר לח (איור 8G). תכולת הפוליפנולים עלתה מתחילת האחסון בכל האריזות פרט לאריזת מעדנית עם משטח סופג לחות אדום, ונעה בטווח של 2.0-3.3 מ"ג חומצה גאלית לג' חומר יבש (איור 8H). נראה כי

עבור תפרחות השום הדלתוני אריזות המעדנית והקלקר ללא משטחים סופגי לחות מצליחות לשמור על בצורה הטובה ביותר על מדדי האיכות לאחר האחסון.

מהתוצאות המסוכמות לעיל נראה כי המשטחים סופגי הלחות פגעו באיכות הפרחים בשלושת מיני השום שנבחנו בשני משטרי האחסון, ואילו אריזות המעדנית והקלקר עם נייר לח או ללא תוספות כלל הצליחו לשמור על איכות פרחים טובה גם בתום האחסון. יתכן כי העדר הריקבון בכל מיני השום ומשטרי האחסון (תוצאות לא מובאות) נובע מהרמות הגבוהות של התיסולפיניטים (אליצין) והפוליפנולים שנשמרו בתום האחסון.

ג.2.4. מבחני חישה למיני השום: מדדי החישה של פרחי השום משלושת המינים נבחנו לאחר אחסון

התפרחות באריזות מעדנית במשטר אחסון של 3 ימים ב- 6 מ"צ ו- 10 ימים ב-4.

שום שחור: מהתוצאות המובאות בגרף מדד העדפה לפני ולאחר האחסון (איור 9A) ניתן לראות שמדד

המראה בשום השחור קיבל ערך של 6, שנשמר גם בתום האחסון. מדד הריח קיבל ערך של 4 וירד ל- 3 בתום האחסון, ומדד הטעם קיבל ערך של 6 וכמעט לא השתנה לפני ולאחר האחסון. מהתוצאות של ניסוי תדירות החישה שבוצע לפני האחסון (איור 9B) ניתן לראות כי הטעמים הדומיננטיים שמרבית הטועמים ייחסו לשום השחור הם: מתוק, שומי ועשבוני, ואילו הטעם החריף כמעט ולא הורגש. כמו כן, הטעם הבצלי נעדר לחלוטין.

שום משולש: מהתוצאות המובאות בגרף מדד העדפה לפני ולאחר האחסון (איור 9C) ניתן לראות

שמדד המראה בשום המשולש קיבל ערך גבוה של 8, שנשמר גם בתום האחסון. מדד הריח קיבל ערך של 6 וירד במעט בתום האחסון, בעוד שמדד הטעם קיבל ערך גבוה של 8 וכמעט לא השתנה בתום האחסון. מהתוצאות של גרף תדירות החישה (איור 9D) ניתן לראות כי הטעמים הדומיננטיים שמרבית הטועמים ייחסו לשום המשולש הם: שומי, חריף, עשבוני ומעט בצלי ומתוק.

שום דלתוני: מהתוצאות המוצגות בגרף מדד העדפה לפני ולאחר האחסון (איור 9E) ניתן לראות

שמדד המראה בשום המשולש קיבל ערך גבוה של 8, שנשמר גם בתום האחסון. מדד הריח קיבל ערך של 6 ולא השתנה לאחר האחסון, בעוד שמדד הטעם קיבל ערך גבוה של 8, שלא השתנה בתום האחסון. מהתוצאות של גרף תדירות החישה (איור 9F) ניתן לראות כי הטעמים הדומיננטיים שמרבית הטועמים ייחסו לשום הדלתוני הם: שומי, חריף, בצלי ומעט עשבוני. הטעם המתוק לא הורגש כלל.

מהתוצאות שתוארו לעיל נראה, כי פרחי השום הצליחו לשמור על מדדי חישה גבוהים גם לאחר

האחסון, מלבד מדד הריח שהיה נמוך יותר בשום השחור לעומת שני מיני השום האחרים (איורים 9A, C, F). הטעם השומי היה גבוה בכל מיני השום, ואילו הטעם המתוק היה דומיננטי יותר בשום השחור, נמוך יחסית בשום משולש ונעדר בשום הדלתוני. הטעמים החריף והבצלי היו בולטים בשום הדלתוני. בשום המשולש הטעם הבצלי הורגש מאד והחריף היה נמוך יותר, ואילו בשום השחור הורגש טעם מעט חריף והטעם הבצלי נעדר לחלוטין. כמו כן הטעם העשבוני הורגש בכל שלושת מיני השום, אך היה הגבוה ביותר בשום השחור (איורים 9B, D, F). נראה לכן, ששלושת מיני השום שנבחנו אכן יכולים לשמש כמקור לריח וטעם שומי עדין במוצרי מזון חדשים מבחינת מדדי האיכות והדמיון שלהם לטעמי השום המוכרים, ואולי גם כתחליף לשיני שום, שהם בעלי טעם וריח חזקים.

ג.2.5. טולבגיה ריחנית (*Tulbaghia fragrans*): מחקרים רבים הראו את הפוטנציאל הכלכלי הגבוה

של הסוג טולבגיה בשל הערכים התזונתיים, הקישוטיים והרפואיים הגבוהים המאפיינים אותה (7, 25). לכן המשכנו לבחון את המדדים השונים לגבי כושר האחסון של פרח זה, שהוא בעל ריח נעים וטעם שומי עדין. מאחר ורמות הכמיסה של פרחי טולבגיה ריחנית שאוחסנו למשך 12 יום ב- 4 מ"צ היו יחסית גבוהות (15-30%) בכל האריזות, נבחן אחסון הפרחים כתפרחות לזמן קצר יותר של 6 ימים ב- 4 מ"צ. מהתוצאות של משטר אחסון זה נראה, שבכל האריזות של תפרחות טולבגיה ריחנית נוצרה אווירה מתואמת, שהגיעה בתום האחסון לרמות של 2% פד"ח ו- 20% חמצן (איור 10A). אחוז הפרחים הכמושים היה נמוך יותר באריזות הקלקר והמעדנית ללא המשטחים סופגי הלחות, ונע בין 1-1.5% (איור 10B). אחוז איבוד המשקל היה גבוה יותר באריזות עם המשטחים סופגי הלחות, והגיע למקסימום של 0.8% (איור 10C). הירידה בתכולת המים הגיעה ל- 3-4% באריזות עם המשטחים סופגי הלחות, והייתה גבוהה יותר בהשוואה לשאר האריזות בהן נצפתה ירידה של כ- 2% בלבד בהשוואה לתכולת המים לפני האחסון (איור 10D).

רמת הפעילות של נוגדי החמצון ההידרופיליים נשמרה ועלתה בכל האריזות לאחר האחסון בהשוואה לרמתם לפני האחסון ונעה בטווח של כ- 42-48 מיקרומול TE לג' חומר יבש (איור 10E). רמת נוגדי החמצון בפאזה הליפופילית עלתה בכל האריזות בתום האחסון בהשוואה לתחילתו והגיעה ל- 1.7 מיקרומול TE לג' חומר יבש (איור 10F). תכולת התיסולפיניטים עלתה בצורה דומה בכל האריזות לאחר האחסון, ונעה בטווח של 5.0-5.2 מ"ג לג' חומר יבש (איור 10G). נראה לכן, כי עבור תפרחות הטולבגיה הריחנית אריזות המעדנית והקלקר ללא משטחים סופגי לחות מצליחות לשמור בצורה הטובה ביותר על מדדי האיכות לאחר האחסון, כאשר משך האחסון ב- 4 מ"צ הוא 6 ימים. נראה לכן, שלפרחי הטולבגיה הריחנית יש כושר אחסון טוב, עם עלייה משמעותית ברמת המרכיבים הבריאותיים.

ג.2.6. טולבגיה חריפה (*Tulbaghia violacea*): מתוצאות אחסון של פרחי טולבגיה חריפה כתפרחות

במשטר אחסון של 10 ימים ב- 4 מ"צ נראה, שבכל האריזות נוצרה אווירה מתואמת, שהגיעה בתום האחסון לרמות של 1-2% פד"ח ו- 20% חמצן (איור 11A). אחוז הפרחים הכמושים היה גבוה יותר באריזות עם המשטח השחור בהשוואה לשאר הטיפולים ונע בטווח של 10-45% (איור 11B). אחוז איבוד המשקל היה גבוה יותר באריזות הקלקר עם המשטחים סופגי לחות והגיע עד ל- 14% לעומת 3% בלבד באריזות המעדנית ללא המשטחים (איור 11C). באריזות עם המשטחים סופגי הלחות נצפתה ירידה של 11-16% בתכולת המים לעומת שאר האריזות, בהן נצפתה ירידה של כ- 2-4% בלבד בתכולת המים של הפרחים בהשוואה לתכולת המים שלהם לפני האחסון (איור 11D).

רמת הפעילות של נוגדי החמצון ההידרופיליים נשמרה ואף עלתה בחלק מהאריזות לאחר האחסון בהשוואה לרמתם לפני האחסון, ונעה בטווח של כ- 40-50 מיקרומול TE לג' חומר יבש, כאשר הרמה הגבוהה ביותר נצפתה באריזת הקלקר עם הנייר הלח (איור 11E). רמת נוגדי החמצון בפאזה הליפופילית עלתה בכל האריזות בתום האחסון בהשוואה לתחילתו ונעה בטווח של 1.0-1.5 מיקרומול TE לג' חומר יבש (איור 11F). תכולת התיסולפיניטים עלתה בצורה דומה בכל האריזות לאחר האחסון, ונעה בטווח של 3.0-3.5 מ"ג לג' חומר יבש (איור 11G). גם תכולת הפוליפנולים עלתה לאחר האחסון בכל האריזות ונעה בטווח של 4.4-6.0 מ"ג חומצה גאלית לחומר יבש (איור 11H). נראה, כי עבור תפרחות הטולבגיה החריפה אריזת המעדנית ללא משטחים סופגי לחות או נייר לח מצליחה לשמור בצורה הטובה ביותר על מדדי האיכות לאחר האחסון.

ג.7.2. מבחני חישה למיני הטולבגיה: מדדי החישה של פרחי הטולבגיה משני המינים נבחנו לאחר

אחסון התפרחות באריזות מעדנית במשטר אחסון של 3 ימים ב- 6 מ"צ ו- 6 ימים או 10 ימים ב- 4 מ"צ לגבי טולבגיה ריחנית או חריפה, בהתאמה.

טולבגיה ריחנית: מהתוצאות בגרף מדד ההעדפה לפני ולאחר האחסון (איור 12A) ניתן לראות, שמדד

המראה בטולבגיה הריחנית קיבל ערך של 9, וערך גבוה זה נשמר גם בתום האחסון. מדד הריח קיבל ערך של 9 וירד ל- 8 בתום האחסון, ומדד הטעם קיבל ערך של 9 ולא השתנה לאחר האחסון. מהתוצאות של ניסוי תדירות החישה שבוצע לפני האחסון (איור 12B) ניתן לראות כי הטעמים הדומיננטיים אותם ייחסו הטועמים לטולבגיה הריחנית הם שומי ועשבוני, ולאחריהם טעם מתוק וחרירי. הטעם הבצלי הורגש במידה מועטה.

טולבגיה חריפה: מהתוצאות המוצגות בגרף מדד ההעדפה לפני ולאחר האחסון (איור 12C) ניתן

לראות, שמדד המראה בטולבגיה החריפה קיבל ערך של 8, שירד לערך של 6 בתום האחסון. מדד הריח קיבל ערך של 3 לפני האחסון, שירד לערך של 2 בתום האחסון. מדד הטעם קיבל ערך של 8 וכמעט לא השתנה לאחר האחסון. מהתוצאות של גרף תדירות החישה (איור 12D) ניתן לראות כי הטעמים הדומיננטיים שהטועמים ייחסו לטולבגיה החריפה הם חריף ובצלי במידה רבה, וטעם עשבוני ושומי במידה נמוכה יותר. הטעם המתוק נעדר לחלוטין.

מהתוצאות שתוארו לעיל נראה, כי פרחי הטולבגיה הריחנית והחריפה הצליחו לשמור על מדדי איכות ברמה גבוהה גם לאחר האחסון, לבד ממדד העדפת הריח שהיה נמוך בטולבגיה החריפה כבר לפני האחסון, ואף ירד יותר לאחר האחסון. הטעם השומי היה דומיננטי יותר בטולבגיה הריחנית, ואילו בטולבגיה החריפה הטעם החריף והבצלי היו הדומיננטיים. הטעם שהורגש במידה דומה בשני המינים היה העשבוני. כמו כן רק בטולבגיה הריחנית הורגש הטעם המתוק.

ג.8.2. אפיון השוואתי של נדיפים המצטברים בשני מיני טולבגיה: מאחר ולפרחי הטולבגיה הריחנית

(*Tulbaghia fragrans*) יש ארומה נעימה, שיכולה להשפיע על שיווקה כפרח מאכל, היה צורך לברר מהו הבסיס הכימי של התכונה הזאת. לכן, נחקרו לראשונה הנדיפים הנפלטות מפרחי הטולבגיה הריחנית בהשוואה לנדיפים הנפלטות מפרחי הטולבגיה החריפה (*Tulbaghia violacea* Harv.) שנחקרו בעבר (7, 25), ואשר חסרים את הריח הנעים. לצורך זה, פרחים משני המינים אוסנו בהדמיה הקצרה (יומיים ב- 6 מ"צ + 4 ימים ב- 4 מ"צ) באריזת קלקר עטופה בפוליאולפין, ובתום האחסון נבדקו הנדיפים שהצטברו באריזה באמצעות גז כרומטוגרף (24, 30). מאחר ותפרחות הטולבגיה הריחנית שמרו על איכותם במהלך האחסון באריזות קלקר ומעדנית בצורה דומה, אנליזת הנדיפים בוצעה באריזות קלקר, שבהן דיגום הנדיפים היה מדויק יותר. לכן, גם האנליזה ההשוואתית של תפרחות הטולבגיה החריפה בוצעה באריזות קלקר. בשנה השלישית למחקר שופרה אנליזת הנדיפים, שהוצגה בצורה ראשונית בלבד בדו"ח השנה השנייה, חושב אחוז ריכוזם היחסי של החומרים מכלל החומרים הנדיפים על סמך הכרומטוגרמות, ואומת הזיהוי של החומרים השונים והקבוצה הכימית אליה הם משתייכים. מהתוצאות המוצגות בטבלאות 1 ו- 2 נראה, שיש הבדל משמעותי במספר ובהרכב הנדיפים שפולטים הפרחים משני המינים.

התוצאות המוצגות באיור 13A ובטבלה 1 מפרטות את הרכב הנדיפים שהצטברו באריזות קלקר של פרחי טולבגיה ריחנית לאחר אחסון של 3 ימים ב- 6 מ"צ. ניתן לראות, כי הנדיפים העיקריים והבולטים באריזת

פרחים אלו משתייכים לקבוצת החומרים הארומטיים, שהיוו 41.56% מסך החומרים הנדיפים, וכללו בעיקר 2-Phenylethanol ו-Benzyl Benzoate, וכן Limonene המשתייך לקבוצת הטרפנואידים, שהיוו כ-12.18% מסך הנדיפים. הנגזרות של חומצות השומן חסרות הריח הפרחוני הנעים היוו 20.91% מסך החומרים הנדיפים, מהם החומצה n-Hexadecanoic acid היוותה 13.16% (טבלה 1). לעומת זאת, הנדיפים העיקריים והבולטים שהצטברו באריזות קלקר של פרחי טולבגיה חריפה הם נגזרות של חומצות שומן, שהיוו 39.03% מסך החומרים הנדיפים, וכללו בעיקר את חומצת השומן n-Hexadecanoic acid (איור 13B, טבלה 2). החומרים הארומטיים כמו Benzyl acetate, היוו רק 14.44% מכלל החומרים הנדיפים, והטרפנואידים כמו α -Phellandrene, Limonene ו-Caryophyllene, היוו 18.63% מכלל הנדיפים (טבלה 2). השיא של butylated HydroxyToluene (BHT) המופיע בכרומוטוגרמות של שני מיני הפרחים (איור 13) נפלט מחומרי האריזה ולא נלקח בחשבון בחישוב תכולת הנדיפים.

מהתוצאות המוצגות בגרף המתאר את הצטברות התרכובות הארומטיות בעלות הריח הפרחוני במהלך האחסון (איור 14) ניתן לראות, כי הרמה של תרכובות אלו בטולבגיה ריחנית הייתה יותר מפי 2 מרמתם בטולבגיה החריפה, והיא נשמרה יציבה במהלך 10 ימי האחסון הממושך. תוצאות אלו מסבירות את העדפת ריח פרחי הטולבגיה הריחנית על פני החריפה (איורים 12A, 12C). שני מיני הפרחים היו בעלי חומרי ריח ארומטיים נעימים ונגזרות של חומצות שומן חסרות ריח פרחוני, אך ביחסים הפוכים.

טבלה 1: רשימת הנדיפים, זיהויים ורמתם, שהצטברו באריזות של פרחי **טולבגיה ריחנית** שאוחסנו באריזת קלקר עטופה ביריעת סטרץ' למשך 3 ימים ב-6 מ"צ, כפי שנבדקו בשיטת SPME GC-MS. הטבלה מפרטת את הנדיפים עפ"י סדר ומועד הופעתם (Retention time) בכרומוטוגרמה המוצגת ב**איור 13A**, את שטח השיא של כל חומר (Area, $\times 10^6$ arbitrary units), את אחוז ריכוזם היחסי מכלל החומרים הנדיפים (% Total), ואת הקבוצה הכימית אליה הם משתייכים (Group). התוצאות מייצגות אריזה אחת טיפוסית מתוך שלוש אריזות שנדגמו באותו מועד ונתנו תוצאות דומות.

Peak #	Retention time	Compound	Area $\times 10^6$	% Total	Group
1	3.711	Methylcyclohexane	1.78	1.76	HyC
2	9.408	2-Ethyl-1-hexanol	2.03	2.01	AlAl
3	9.479	Limonene	12.32	12.18	Ter
4	9.732	Benzeneacetaldehyde	3.55	3.50	Aro
5	10.753	Nonanal	2.32	2.29	AlAl
6	10.966	2-Phenylethanol	22.17	21.92	Aro
7	12.442	Decanal	2.07	2.05	AlAl
8	13.595	Eicosane	4.01	3.96	HyC
9	13.717	Pentadecane	1.30	1.28	HyC
10	13.805	2,6,11-Trimethyldodecane	1.47	1.46	HyC
11	13.912	Heptadecane	1.47	1.45	HyC
12	14.23	Nonadecane	1.82	1.80	HyC
13	14.592	2,2,6,7-Tetramethyl-10-oxatricyclo[4.3.0.1(1,7)]decan-5-one	1.56	1.54	Ter
14	15.733	6-Methyloctadecane	0.96	0.95	HyC
15	16.239	2,2,7,7-Tetramethyltricyclo[6.2.1.0(1,6)]undec-4-en-3-one	2.21	2.18	Ter
16	16.305	2,6,10-Trimethyltetradecane	2.65	2.62	HyC
17	16.911	Dodecanoic acid	3.26	3.23	FAC
18	18.833	Tetradecanoic acid	1.57	1.55	FAC
19	19.183	Benzyl Benzoate	14.39	14.23	Aro
20	20.241	Oxalic acid, 2-phenylethyl tridecyl ester	1.93	1.91	Aro
21	21.255	n-Hexadecanoic acid	13.31	13.16	FAC
22	25.135	Octadecanoic acid	3.00	2.97	FAC
Total			101.16	100.00	
Groups:					
Hydrocarbons (HyC)			14.50	14.33	
Aliphatic alcohols and aldehydes (AlAl)			4.10	4.06	
Terpenoid derivatives (Ter)			16.09	15.91	
Aromatic derivatives (Aro)			42.04	41.56	
Fatty acid derivatives (FAC)			21.15	20.91	

טבלה 2: רשימת הנדיפים, זיהויים ורמתם, שהצטברו באריזות של פרחי **טולבגיה חריפה** שאוחסנו באריזת קלקר עטפה ביריעת סטרך' למשך 3 ימים ב- 6 מ"צ, כפי שנבדקו בשיטת SPME GC-MS. הטבלה מפרטת את הנדיפים עפ"י סדר ומועד הופעתם (Retention time) בכרומטוגרמה המוצגת ב**איור 13B**, את שטח השיא של כל חומר (Area, $\times 10^6$ arbitrary units), את אחוז ריכוזם היחסי מכלל החומרים הנדיפים (% Total), ואת הקבוצה הכימית אליה הם משתייכים (Group). התוצאות מייצגות אריזה אחת טיפוסית מתוך שלוש אריזות שנדגמו באותו מועד ונתנו תוצאות דומות.

Peak #	Retention time	Compound	Area $\times 10^6$	% Total	Group
1	8.455	α -Phellandrene	2.56	5.39	Ter
2	9.48	Limonene	0.74	1.56	Ter
3	10.756	Nonanal	3.22	6.77	AlAl
4	10.973	2-Ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylidenecyclohexane	1.45	3.05	Ter
5	11.643	p-Vinylanisole	1.71	3.60	Aro
6	11.801	Benzyl acetate	5.15	10.84	Aro
7	12.45	Decanal	1.10	2.32	AlAl
8	13.339	trans-2-Decenal	1.80	3.78	AlAl
9	14.761	2-Undecenal	1.35	2.84	AlAl
10	15.675	Caryophyllene	4.09	8.60	Ter
11	15.889	4-(2,2-Dimethyl-6-methylenecyclohexyl)butanal	1.16	2.44	Ter
12	16.454	2-Methylenecholestan-3-ol	1.01	2.12	PhS
13	16.909	Dodecanoic acid	2.68	5.64	FAc
14	18.831	Estra-1,3,5(10)-trien-17 α -ol	2.25	4.74	PhS
15	19.507	Octadecanal	1.39	2.92	AlAl
16	21.25	n-Hexadecanoic acid	12.81	26.96	FAc
17	25.13	Octadecanoic acid	3.05	6.42	FAc
Total			47.51	100.00	
Groups:					
Terpenoid derivatives (Ter)			10.00	18.63	
Aliphatic alcohols and aldehydes (AlAl)			8.85	18.63	
Aromatic derivatives (Aro)			6.86	14.44	
Phytosterols (PhS)			3.26	6.86	
Fatty acid derivatives (FAc)			18.54	39.03	

ד. דיון הכולל מסקנות והשלכותיהן על המשך ביצוע המחקר או סיומו

המטרה הכללית של הפרויקט הייתה פיתוח נישה חדשה בעלת ערך מוסף לשימוש בפרחים כמוצרי מזון בריאותי. לשם כך היה צורך להרחיב את מגוון הפרחים הקיימים בארץ והעשויים לשמש כפרחי מאכל, וזאת בנוסף ל- 15 מיני הפרחים המיוצאים כיום ע"י המשווק "אביב" (<http://www.aviv-flower.co.il/fresh-produce/edible-flowers>). הנושא חשוב בעיקר לאור מגמת העלייה בביקוש לפרחי מאכל המסתמנת בעולם (19, 22, 23), והתחזית של גדילה משמעותית של 10.5% לשנה בשוק פרחי המאכל העולמי בין השנים 2018 עד 2022 (32). לכן, כדאי שישראל תשתלב במגמת עלייה זו. העבודה בשלושת שנות הפרויקט התמקדה בעיקר בשיפור האיכות של מספר מינים מסחריים המיוצאים כבר מישראל (אמנון ותמר, ציפורן ננסית, טגטס, לוע ארי), ובפיתוח נישה חדשה של מספר מינים חדשים המבטיחים ביותר מבחינת איכותם לאחר אחסון, ע"י בחינת אמצעים לשמירה על ערכיהם הבריאותיים ועל מראה אטרקטיבי.

בהתאם לכך, הוכנה תחילה רשימה של פרחי מאכל פוטנציאליים עפ"י הספרות ואיתורם בארץ, בוצעה סקירה ראשונית ומהירה של רמות מרכיבי בריאות בפרחים השונים, ובדיקות מתכלות של פיגמנטים, נוגדי חמצון ופנולים, נבחנה עמידות לפתוגנים של הזנים שיראו תכולה גבוהה של מרכיבי בריאות, ובוצעו מבחני טעם בזנים העמידים. בצורה שו גובשה רשימת פרחים חדשים המתאימים להמשך פיתוח כפרחי מאכל על בסיס פרופיל מטבולי גבוה החיוני לתזונה, עמידות לפתוגנים ומאפיינים טובים של טעם, ריח ומרקם.

מהתוצאות הראשוניות שהתקבלו בשנה א' למחקר נראה, שניתן לשפר את האחסון של מיני הפרחים המשווקים כבר בצורה מסחרית כפרחי מאכל ונבחנו בעבודה זו (טגטס, אמנון ותמר, ציפורן ננסית), לזמן ממושך יחסית מבלי שייפגעו סגולותיהם הבריאותיות. בנוסף, מאחר והפרחים האלו נבחנו באחסון של תערובת של מספר צבעים כפי שהם משווקים כיום, בשנה ב' אופיינו מדדי האיכות בהם בצורה דיפרנציאלית של אריזת כל צבע בנפרד, תוך השוואת שני סוגי אריזה, מעדנית וקלקר עם יריעת פוליאולפין, בהשוואה לאריזת המגדל שכללה קלקר ויריעת PVC. כן נמצא בשנה א' שלפרחי הסוגים שום וטולבגיה שנבחנו בעבודה זו לראשונה, יש פוטנציאל גבוה לשיווק כפרחי מאכל עם טעם עדין של שום המוכר והידוע, ועם ערכים בריאותיים נוספים (13). יחד עם זאת, מאחר וחלק מפרחי השום בעייתיים בגלל הריח הלא נעים המתקבל לאחר האחסון, התמקדנו בשנה ב' בפרחים בהם אין ריח כזה. לשם כך גם ביצענו מבחני טעימה במיני השום המבטיחים וזיהינו נדיפים ארומטיים בשני מיני הטולבגיה. בנוסף, המשכנו לבחון את השינויים במדדי האיכות בין המינים בהדמיות ותנאי אחסון שונים, וכן בדקנו את מרכיבי הבריאות האחראים לפעולות נוגדות החמצון ואת המרכיב הבריאותי העיקרי שלהם, האליצין (באמצעות כימות התיסולפיניטים) לפני ואחרי האחסון.

מבין הפרחים המסחריים שנבחנו, הסתמנה מגמה שבפרחי אמנון ותמר סגול, ציפורן ננסית ורוד וטגטס חום-צהוב, היה פחות ריקבון. ניתן לייחס זאת כנראה לנוכחות האנתוציאנינים בעלי הכותרת של פרחים אלו. מגמה זו אומתה שוב גם בתוצאות שהתקבלו בפרחי אמנון ותמר סגולים בשנה ג' (איור 1ג'). רמת האנתוציאנינים הגבוהה יכולה להיות סמן לביוסיתתה מוגברת של תרכובות פנוליות הגנתיות. לכן כדאי לשווק בנפרד את מיני הצבעים בכל מין של פרח. בנוסף, ייתכן שרמת הפד"ח הגבוהה באריזות מנעה ריקבון, שכן ידוע בספרות ששימוש באווירה מתואמת באריזות בהן מצטבר פד"ח גבוה, מהווה אמצעי לעיכוב ריקבון במוצרים חקלאיים (27). בחינת האיכות של פרחי מאכל בהשפעת טמפרטורות שונות ובהרכבי אווירה מתואמת פסיבית דווחה בעבר בספרות (11, 20, 21).

מהתוצאות שהתקבלו בשנה ג' נראה, כי לגנוטיפ הפרחים יש השפעה משמעותית על כושר השתמרותם. כך ריקבון היה גורם חשוב, שקבע את משך החיים של פרחי אמנון ותמר ולוע הארי (איורים 1ג', 2ב'), אך לא השפיע על השתמרות פרחי השום והטולבגיה אשר כלל לא סבלו מריקבון גם באחסון ממושך. ניתן לייחס את עמידות הפרחים הללו לפתוגנים ליכולתם לייצר חומרים אנטי-מיקרוביאליים כגון תיסולפיניטים ופוליפנולים (איורים 6-8, 10, 11). אין ספק כי התכונה הזאת מהווה יתרון בתהליכי המשלוח והשיווק, ועשויה לאפשר ייצוא מוצלח לשווקים מרוחקים (11, 12, 20, 21). תכונה זו משותפת לפרחים משני הסוגים הנ"ל בשל החומרים האנטי-מיקרוביאליים שהם מכילים (6a, 7, 8a, 27a, 27b). מאידך, בפרחי השום והטולבגיה יש חשיבות להפחתת כמישה ואובדן המים, המהווים גורמים עיקריים להתכלות הפרחים. נראה, כי שני סוגי האריזה, מגשי קלקר עטופים ביריעת פוליאולפין נמתח (סטרץ') וקופסאות PET (כגון מעדנית), יעילים בשמירת

איכות הפרחים של שום וטולבגיה. יחד עם זאת, לתוספי אריזה המיועדים להפחתת ריקבון, כמו משטחים מסחריים סופגי לחות, לא הייתה השפעה חיובית על כושר ההשתמרות של הפרחים מהסוגים הנ"ל. יתר על כן, הם הזיקו לפרחי השום והטולבגיה עקב עידוד אובדן המים והכמישה (איורים 6-8, 10, 11). ניתן לייחס את ההשפעה השלילית של המשטחים סופגי הלחות על השתמרות פרחי השום והטולבגיה להעדר גורמי ריקבון בפרחים אלו בשל נוכחות החומרים האנטי-מיקרוביאליים שבהרכבם, שכן הוספת החומרים סופגי הלחות מיועדת בעיקר להפחתת הריקבון. מאידך, הפחתת הלחות באריזות מעודדת את התייבשות הפרחים אשר נתגלתה בניסויים שלנו כגורם ההתכלות העיקרי. זו הסיבה שהמשטחים סופגי הלחות פגעו באיכות פרחי השום והטולבגיה. יש לציין, שבאריזות השום הדלתוני, שכללו את המשטחים סופגי הלחות, הכמישה הגבוהה לא הייתה בהתאמה עם תכולת המים ואיבוד המשקל שהיו נמוכים יותר משמעותית (איור 8), ותוצאות אלו עשויות להעיד על דרכים נוספות בהן פגעו המשטחים במופע פרחי השום הדלתוני במהלך האחסון בקירור. לעומת זאת, בסוגי הפרחים הרגישים לריקבון (אמנון ותמר ולוע הארי), לגורמים אשר השפיעו על שיעור הריקבון הייתה השפעה מכרעת על השתמרות המוצרים. כך, באמנון ותמר נמצא הבדל גדול בין הפרחים מצבעים שונים ברגישותם לריקבון, עם יתרון משמעותי לפרחים הסגולים (איור 1ג'). יתכן והתכונה הזאת קשורה ברמה מוגברת של תרכובות פנוליות בפרחים אלו, הבאה לידי ביטוי בין היתר ברמת הצבענים הסגולים (אנתוציאנינים) השייכים לקבוצה הזאת. יש לקחת בחשבון את היתרון הזה בבחירת צבעי אמנון ותמר למשלוח ליעדים מרוחקים.

גם בפרחי לוע הארי שיעור הריקבון היה הקריטריון העיקרי הקובע את השתמרות הפרחים. בפרחים אלו נצפתה אינטראקציה בין צבע הפרח לבין שיטת הטיפול בכיטוזן. כך, ריסוס בכיטוזן הפחית בערך פי-3 את שיעור הריקבון בפרחי לוע ארי מהזן הבורדו עד לרמה הסבירה של כ- 3% בלבד, אך לא השפיע על שיעור הריקבון בזן האדום הרגיש יותר. אולם, בניגוד לריסוס, טבילה בתמיסת הכיטוזן לא השפיעה על הריקבון בפרחים משני הצבעים (איור 3ב') ואף גרמה לנזק (איור 4D). נראה, שכדאי להמשיך ולבחון אמצעי זה בהמשך, כיון שהיה יעיל בעיכוב בוטריטיס במלפפונים (8).

השפעת הגנוטיפ על מדדי החישה של פרחי המאכל באה לידי ביטוי בשני מיני הטולבגיה, כאשר הטועמים העדיפו באופן בולט את ריח פרחי הטולבגיה הריחנית על פני הטולבגיה החריפה (איור 12A, C). בדיקת הרכב הנדיפים הראתה בבירור כי ההבדל בין שני המינים קשור ככל הנראה ברמת החומרים מהקבוצה של תרכובות ארומטיות בעלות ריח פרחוני (טבלאות 1, 2, איורים 13, 14). באריזות של פרחי הטולבגיה הריחנית רמת התרכובות מהקבוצה הזאת הייתה יותר מפי-2 גבוהה בהשוואה לאריזות הטולבגיה החריפה. לעומת זאת, המרכיבים הנדיפים העיקריים הנפלטים ע"י פרחי הטולבגיה החריפה, היו מהקבוצה של נגזרות חומצות שומן הנטולות ריח פרחוני נעים (טבלה 2). יש לציין, כי תרכובות מהקבוצה הארומטית נמצאו גם בין הנדיפים של הטולבגיה החריפה, אולם הן התכולה האבסולוטית שלהם (איור 13) והן חלקם היחסי (טבלאות 1 ו-2) בפרחי הטולבגיה החריפה היו נמוכים בהשוואה למדדים אלו בטולבגיה הריחנית. מאידך, לחומצות השומן אשר היוו כ-40% מכלל החומרים הנדיפים של פרחי הטולבגיה החריפה, יש ריח דוחה. נראה לכן, שהבדלים אלו בהרכב הנדיפים של שני מיני הטולבגיות היו גם הסיבה להבדלים הניכרים במדדי החישה שהתקבלו בשני מינים אלו (איורים 12, 14). לא ידוע לנו בשלב זה של המחקר האם התכולה הגבוהה של

החומרים הארומטיים בטולבגיה הריחנית עיכולה להסביר את רמות הכמיסה ואיבוד המים הנמוכות משמעותית שהתקבלו בפרח זה (איור 10) בהשוואה לטולבגיה החריפה (איור 11). נראה שהבדלי הכמיסה בין שני המינים נובעים מתנאי האחסון השונים ולא מההבדלים בהרכב הנדיפים שלהם. היות ולא נמצאו חסרונות בהשתמרות של פרחי טולבגיה ריחנית בהשוואה לחריפה (איורים 10, 11), ניתן לצפות כי המין הזה ימצא מקום ראוי בסל פרחי המאכל המיוצאים מישראל.

לסיכום, עפ"י הצלבת כל המאפיינים השונים שפורטו לעיל, נראה שעמדנו במרבית יעדי תוכנית המחקר, והצלחנו לגבש מסקנות לגבי מיני פרחים חדשים וותיקים, שיתאימו למשלוח ואחסון ממושך באריזות השונות, מבלי לאבד את ערכיהם התזונתיים, החזותיים והחישתיים. פרחים אלו יומלצו בהמשך למגדלים לגידול ושיווק בנישה המורחבת של פרחי מאכל עם פוטנציאל ייצוא.

סיכום עם שאלות מנחות

אנא פרט מהם הניסויים שנעשו תוך השוואה לתכנית העבודה המתוכננת והתאמתם למטרות המחקר כפי שהופיעו בהצעה המקיפה:

הניסויים שבוצעו תוכננו עפ"י מטרות המחקר לשנה ג' ועפ"י התוצאות שהתקבלו בשנים א' ו- ב', ובחנו את הגורמים הבאים במגוון פרחי מאכל ידועים וחדשים: צורות אריזה (תפרחות או פרחים בודדים, נייר לח באריזה או משטחים מבקרי לחות); סוגי אריזות (מעדנית, קלקר עם יריעת פוליאולפין סטרץ'); משטרי אחסון (הדמיה קצרה וארוכה); מדדים פיזיקליים, פיסיולוגיים וביוכימיים לפני ובתום האחסון (ריכוזי גזים, איבוד משקל, תכולת מים, ריקבון, פעילות נוגדת חמצון, רמת תיזוסולפיניטים כגון אליצין); מבחני חישה (טעם, ריח, מרקם) והרכב נדיפים בשני מיני הטולבגיה.

מהם עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח?

אותרו ארבעה מיני פרחים חדשים המתאימים למאכל (שלושה מיני השום וטולבגיה ריחנית), לאחר שאופיינו כבעלי פוטנציאל מבחינת סגולותיהם הבריאותיות, כושר האחסון, המופע והטעם. בפרחים אלו נמדדו פעילויות אנטי-חמצוניות גבוהות ורמות גבוהות של תיזוסולפיניטים ופוליפנולים, שנשתמרו כך גם בתום האחסון. בהשוואת כושר האחסון של פרחי מאכל של שלושה צבעים של פרחי אמנון ותמר המשווקים מסחרית, הפרחים הסגולים בלטו ברגישותם הנמוכה לריקבון כאשר הם נארזו כל צבע בנפרד. התוצאות מראות שבמרבית הפרחים ניתן להשתמש בשני סוגי האריזות, קלקר ומעדנית, וזה נותן חופש פעולה למגדל. השימוש בכיטוזן בפרחי לוע ארי היה יעיל במידה מסוימת בעיכוב הריקבון כאשר ניתן בריסוס.

בעקבות הניסויים שנעשו, אנא פרט והסבר כיצד הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח או חלק מהן:

מטרות המחקר כללו פיתוח הנישה של שימוש בפרחי מאכל כמוצר בריאותי, באמצעות פתוח קריטריונים לסלקציה ופיתוח שיטות אריזה ואחסון לפרחים. הניסויים שבוצעו הרחיבו את מגוון הפרחים העשויים לשמש למאכל, שכן חלק מהפרחים שנבחנו חדשים לגמרי, וחלקם ידועים במסחר. המטרות הושגו ע"י בחינה השוואתית של השתמרות ואיכות של פרחי מאכל מגנוטיפים שונים ובחירת הגנוטיפים המבטיחים. כמו כן, בוצעה התאמה של טיפולים, אריזות ומשטרי אחסון לגנוטיפים המבטיחים.

בהתאם להצעה המקיפה, ציין מה התבצע מתוך טבלת המשימות ואבני דרך, כולל אבני דרך כמותיות

(סעיפים IV-VI) ומהם הקריטריונים שפורטו בהצעה המקיפה כבוחן להצלחת המחקר אכן הושגו:

מרבית אבני הדרך לשנה ג' הושגו במלואם: פותחו אריזות למיני הפרחים המבטיחים שנבחרו בשנים א' ו- ב'; נבחנו כושר ההשתמרות של הפרחים ואיכותם במהלך האחסון באריזות שונות; נבחרו הגנוטיפים אשר מתאימים למשלוח ממושך מבלי לפגוע במדדי החישה ובאיכותם. בחינת המאפיינים ומבחני החישה בפרחי מאכל מהמגדל המסחרי בוצעה רק בחלק מהפרחים, בשל העדר זמינותם. לא בוצעו ניסויים במתן טיפולים לפרחי קטיפה שלמים ומעקב אחר מדדי האיכות בעלי הכותרת שלהם במהלך אחסון בקור, שהוצעו בשנה ב', כיון שהמגדלים המייצאים כיום פרחי מאכל מהארץ טענו שהגישה הזו פחות ישימה בשטח, וכדאי להתמקד בשיפור המוצר המשווק. מבין הקריטריונים שהוצעו כבוחן להצלחת המחקר השגנו את הארכת חיי המדף של המוצרים, והגדרנו נישה חדשה ומבטיחה של שלושה מינים של פרחי שום ומין של טולבגיה, שאכן יכולים לשמש כתחליף לשום המסחרי מבחינת מדדי האיכות והדמיון שלהם לטעמי השום המוכרים.

מהן המסקנות המדעיות ומהן ההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו בעתיד?

ניתן לאתר חומרים בעלי סגולות בריאותיות (פנולים, נוגדי חמצון, תיוסולפיניטים) בפרחי מאכל חדשים, שעשויים להשפיע לטובה על בריאות הצרכנים ולמנף ע"כ את שיווק הפרחים האלו. לחומרים אלו יש תכונות הגנתיות, ומאחר ותכולתם עלתה בתום האחסון, ניתן לייחס להם את העדר הריקבון בפרחי שום וטולבגיה. לכן ניתן להמליץ על הרחבת הגידול של הפרחים המבטיחים שאותרו. מאחר ופרחים בצבעים שונים מגלים כושר השתמרות שונה, כדאי לשווק את פרחי המאכל המשווקים מסחרית (אמנון ותמר, ציפורן ננסית וטגטס ולוע ארי) ואשר נבחנו בעבודה זו, כל צבע בנפרד.

מהן הבעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה ומה אמורה להיות ההתייחסות בהמשך?

ביצוע ניסויים נוספים לגבי מבחני חישה שלא בוצעו במלואם בפרחי המאכל המשווקים מסחרית (אמנון ותמר, ציפורן ננסית, טגטס ולוע ארי), כדי לגבש מסקנה סופית לגבי יעילותה של אריזת המעדנית בהשוואה לאריזת הקלקר עם יריעת PVC בה משתמש המגדל כיום. יש להרחיב את הגידול המסחרי של שלושת מיני השום, שום שחור, שום משולש ושום דלתוני, ושל הטולבגיה הריחנית, ולבחון את הביצועים שלהם במשלוחים בפועל בהתאם לממצאי הדו"ח הזה.

הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:

הדו"ח יופץ בין המגדלים של פרחי מאכל בארץ.

פרסום הדו"ח:

אני ממליצה לפרסם את הדו"ח ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט).

ביבליוגרפיה

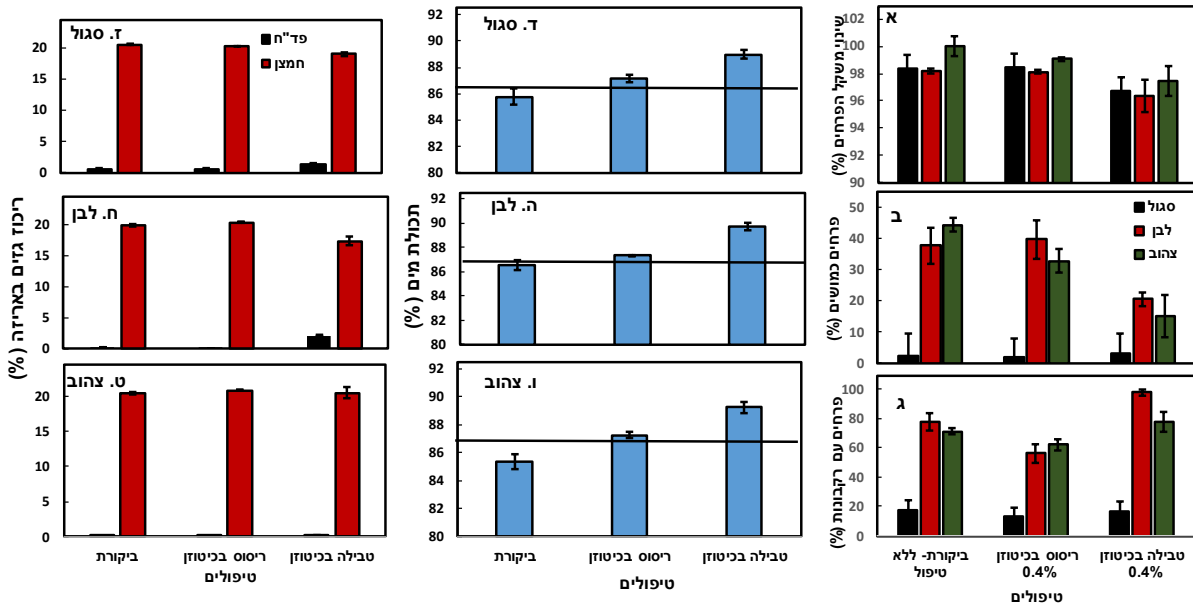
1. אגמי, א. (2010). אפיון חיי מדף ומדדי איכות של פרחי מאכל. עבודת גמר לקבלת תואר "מוסמך במדעי החקלאות", הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים. 63 עמודים.
2. פילוסוף-הדס, ס., מאיר, ש., סלים, ש., פרצלן, י., קוכאנק, ב., שחר-איונוב, י. וצדקה, ת. (2013). מאמר סקירה: הארכת משך חיי האגרטל של מוצרי נוי קטופים – פרחים, ענפי קישוט ומוצרי עלווה. עלון ענף הפרחים, סיוון תשע"ג, גיליון מאי: 96-110.
3. פרידמן, ח., רזניק, נ., אגמי, א., רוט, א., הגלעדי, א. ואומיאל, נ. (2007). וורדים כפרחי מאכל: שלבים באיתור זנים המתאימים למאכל כמוצר טרי. עולם הפרח, גיליון פברואר-מרץ: 54-56.
4. Adar, A. (2017). Israel: Year-round availability for edible flowers. <http://www.FreshPlaza>
5. Aharoni, Y., Copel, A., Gil, M. and Fallik, E. (1996). Polyolefin stretch films maintain the quality of sweet corn during storage and shelf-life. *Postharvest Biol. Technol.* 7: 171-176.
6. Ainsworth, A.E. and Gillespie, K.M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature Protocols* 2(4): 875-877.
- 6a. Ankri, S. and Mirelman, D. (1999). Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes Infect.* 2: 125-129.
7. Aremu, A.O. and VanStaden, J. (2013). The genus *Tulbaghia* (Alliaceae) - a review of its ethnobotany, pharmacology, phytochemistry and conservation needs. *J. Ethno-pharmacol.* 149: 387-400.
8. Ben-Shalom, N., Ardi, R., Pinto, R., Aki, C. and Fallik, E. (2003). Controlling gray mould caused by *Botrytis cinerea* in cucumber plants by means of chitosan. *Crop Protection* 22: 285–290.
- 8a. Buwa, L. and Van Staden, J. (2006). Antibacterial and antifungal activity of traditional medicinal plants used against venereal diseases in South Africa. *J. Ethnopharmacol.* 103: 139-142.
9. Cavaiuolo, M., Cocetta, G. and Ferrante, A. (2013). The antioxidants changes in ornamental flowers during development and senescence. *Antioxidants* 2: 132-155.
10. Chkhikvishvili, I., Sanikidze, T., Gogia, N., Enukidze, M., Machavariani, M., Kipiani, N., Vinokur, Y. and Rodov, V. (2016). Constituents of French marigold (*Tagetes patula* L.) flowers protect Jurkat T-cells against oxidative stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, Volume 2016, Article ID 4216285, 10 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4216285>.
11. Chrysargyris, A. Tzision, A., Xylia, P. and Tzortzakis, N. (2018). Effects of salinity on *Tagetes* growth, physiology, and shelf life of edible flowers stored in passive modified atmosphere packaging or treated with ethanol. *Front. Plant Sci.* 9 Article 1765, 1-13.
12. Corea, G., Fattorusso, E. and Lanzotti, V. (2003). Saponins and flavonoids of *Allium triquetrum*. *J. Nat. Products* 66 (11): 1405-1411.
13. D'Antuono, L.F. (2013). Preliminary sensory evaluation of edible flowers from wild *Allium* species. *J. Sci. Food Agric.* 93: 3520–3523.
14. Friedman, H., Rodov, V., Rot, I., Vinokur, Y., Goldman, G., Resnick, N., Hagiladi, A. and Umiel, N. (2005). *Tropaeolum majus* L. as edible flowers: growth and postharvest handling. *Adv. Hort. Sci.* 19: 3-8.
15. Friedman H., Rot I., Agami O., Vinokur Y., Rodov V., Reznick N., Umiel N., Dori I., Ganot L., Shmuel D. and Matan E. (2007). Edible flowers: new crops with potential health benefits. *Acta Hort.* 755:283-289.
16. Grzeszczuk, M., Wesolowska, A., Jadczyk, D. and Jakubowska, B. (2011). Nutritional value of chive edible flowers. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 10(2): 85-94.
17. Han, J., Lawson, L., Han, G. and Han, P. (1995). Spectrophotometric method for quantitative determination of allicin and total garlic thiosulfinates. *Anal. Biochem.* 225: 157-160.
18. Hosokawa, K. and Fukunaga, Y. (1995). Production of essential oils by flowers of *Hyacinthus orientalis* L. regenerated *in vitro*. *Plant Cell Rep.* 14: 575-579.
19. Keidar, Y. (2015). Edible flowers challenging to market. <http://www.agriver.co.il>.

20. Kelley, K.M., Cameron, A.C., Biernbaum, J.A. and Poff, K.L. (2003). Effect of storage temperature on the quality of edible flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 27: 341-344.
21. Landi, M., Ruffoni, B., Combournac, L. and Guidi, L. (2018). Nutraceutical value of edible flowers upon cold storage. *Ital. J. Food Sci.* 30: 336-347.
22. Newman, S.E. and O'Connor, A.S. (2013). Edible flowers. Fact sheet No 7.237 Colorado State University Extension. 1-6.
23. Ottesen, C. (2014). Ornamental garlcs. *The American Gardener*, the magazine of the American Horticultural Society (www.ahs.org), pp. 12-17.
24. Ouyang, G. and Pawliszyn, J. (2006). Recent developments in SPME for on-site analysis and monitoring. *Trends Anal. Chem.* 25: 692-703.
25. Pino, J.A., Quijano-Celis, C.E. and Fuentes, V. (2008). Volatile compounds of *Tulbaghia violacea* Harv. *J. Essen. Oil Bearing Plants* 11: 203-207.
26. Rodov, V., Vinokur, Y., Gogia, N. and Chkhikvishvili, I.D. (2010). Hydrophilic and lipophilic antioxidant capacities of Georgian spices for meat and their possible health implication. *Georgian Medical News* 179: 61-66.
27. Sandhya (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT- Food Sci. Technol.* 43: 381-392.
- 27a. Santhosha, S., Jamuna, P. and Prabhavathi, S. (2013). Bioactive components of garlic and their physiological role in health maintenance: A review. *Food Biosci.* 3: 59-74.
- 27b. Soyngbe, O.S., Ayedeji, A.O., Basson, A.K., Singh, M. and Opoku, A.R. (2013). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils of *Tulbaghia violacea* Harv. *L.F. Afr. J. Microbiol. Res.* 7: 1787-1793.
28. Vaknin, Y., Hadas, R., Schafferman, D., Murkhovsky, L. and Bashan, N. (2008). The potential of milk thistle (*Silybum marianum* L.), an Israeli native, as a source of edible sprouts rich in antioxidants. *Inter. J. Food Sci. Nut.* 59(4): 339-346.
29. Van Den Berg, R., Haenen, G.R.M.M. and Van Den Berg, H. (1999). Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem.* 66: 511-517.
30. Vinokur, Y., Kenigsbuch, D., Chalupowicz, D. and Rodov, V. (2015). A system for non-destructive quantitative characterization of aroma fresh herbs and essential oil bearing plants. *J. Essential Oil Bearing Plants* 18 (4): 798-805.
31. Vinokur, Y. and Rodov, V. (2006). Method for determining total (hydrophilic and lipophilic) radical-scavenging activity in the same sample of fresh produce. *Acta Hortic.* 709: 53-60.
32. Wood, L. (2018). Global packaged edible flowers market 2018-2022. *Research and Markets.* 1-4. <http://www.researchandmarkets.com>.
33. Zofi, O. and Zaborska, W. (2012). A Spectrophotometric assay for total garlic thiosulfinates content. Kinetic aspects of reaction with chromogenic thiols. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 62: 23-29.

נספח תוצאות

ג. פרחי מאכל ממגדל מסחרי

ג.1. אמנון ותמר (*Viola tricolor*)

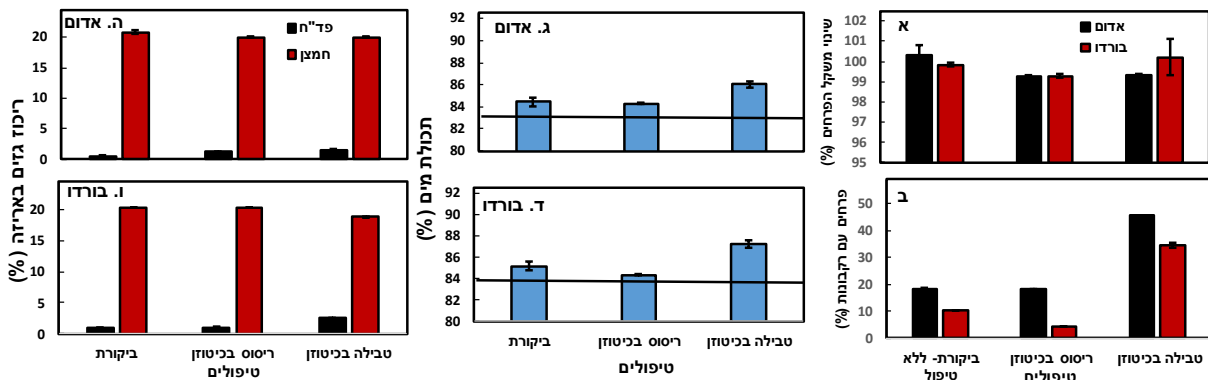


איור 1: השפעת טיפולים בכיטוזן על אחוז שינוי המשקל (א'), אחוז פרחים כמושים (ב'), אחוז פרחים עם רקבונות (ג'), אחוז תכולת המים (ד'-ו') וריכוזי חמצן ופד"ח באריזות (ז'-ט') בתום האחסון של פרחים מנותקים של אמנון ותמר משלושה צבעים במשטר טמפרטורות של יומיים ב-6 מ"צ ו-8 ימים ב-4 מ"צ. הפרחים נארוזו במגשיות קלקר עטופות בריעת סטרך' נצמד מסוג פוליאולפין. התוצאות של כל המדדים מייצגות ממוצעים של 3 חזרות ± שגיאת תקן. הקווים הישרים בגרפים ד'-ו' מייצגים את ערך המדד בזמן 0 לפני האחסון.



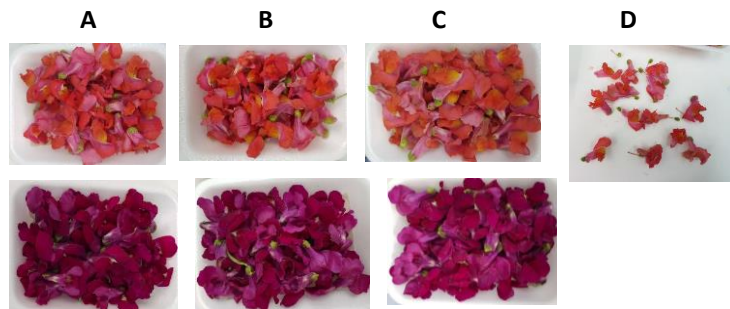
איור 2: השפעת טיפולים בכיטוזן - ביקורת ללא טיפול (A), ריסוס ב-0.4% כיטוזן (B) או טבילה ב-0.4% כיטוזן (C), על המופע של פרחי אמנון ותמר משלושה צבעים בתום אחסון במשטר טמפרטורות של יומיים ב-6 מ"צ ו-8 ימים ב-4 מ"צ. הפרחים נארוזו במגשיות קלקר עטופות בריעת סטרך' נצמד מסוג פוליאולפין.

ג.2. לוע הארי (*Antirrhinum majus*)



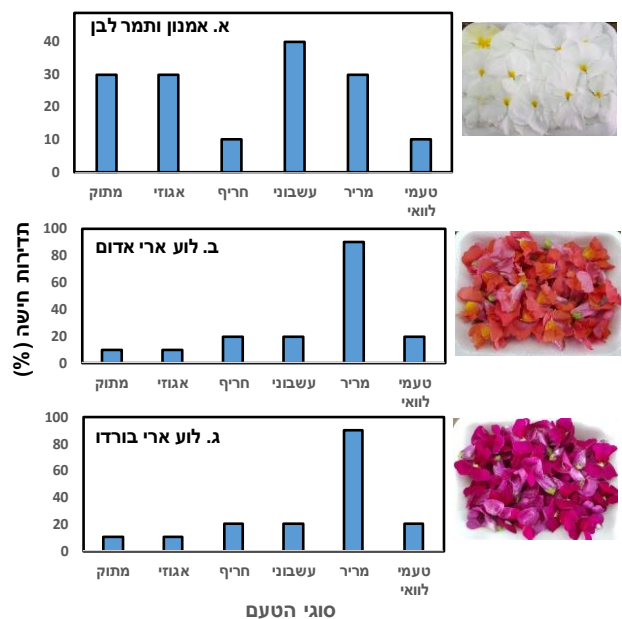
איור 3: השפעת טיפולים בכיטוזן על אחוז שינוי המשקל (א'), אחוז פרחים עם רקבונות (ב'), אחוז תכולת המים (ג', ד'), וריכוזי חמצן ופד"ח באריזות (ה', ו') בתום האחסון של פרחים מנותקים של לוע ארי משני צבעים במשטר טמפרטורות של יומיים ב- 6 מ"צ ו- 8 ימים ב- 4 מ"צ. הפרחים נארוזו במגשיות קלקר עטופות ביריעת סטרץ' נצמד מסוג פוליאולפין. התוצאות של כל המדדים מייצגות ממוצעים של 3 חזרות ± שגיאת תקן. הקווים הישרים בגרפים ג', ד' מייצגים את ערך המדד בזמן 0 לפני האחסון.

איור 4: השפעת טיפולים בכיטוזן - ביקורת ללא טיפול (A), ריסוס ב- 0.4% כיטוזן (B) או טבילה ב- 0.4% כיטוזן (C, D), על המופע של פרחי לוע ארי משני צבעים בתום אחסון של יומיים ב- 6 מ"צ ו- 8 ימים ב- 4 מ"צ. הפרחים נארוזו במגשיות קלקר עטופות ביריעת סטרץ' נצמד מסוג פוליאולפין. מופע הפרחים באיור D צולם בהגדלה, כדי להראות את השפעת הטבילה בכיטוזן על היפרדות עלי הגביע מעלי הכותרת.



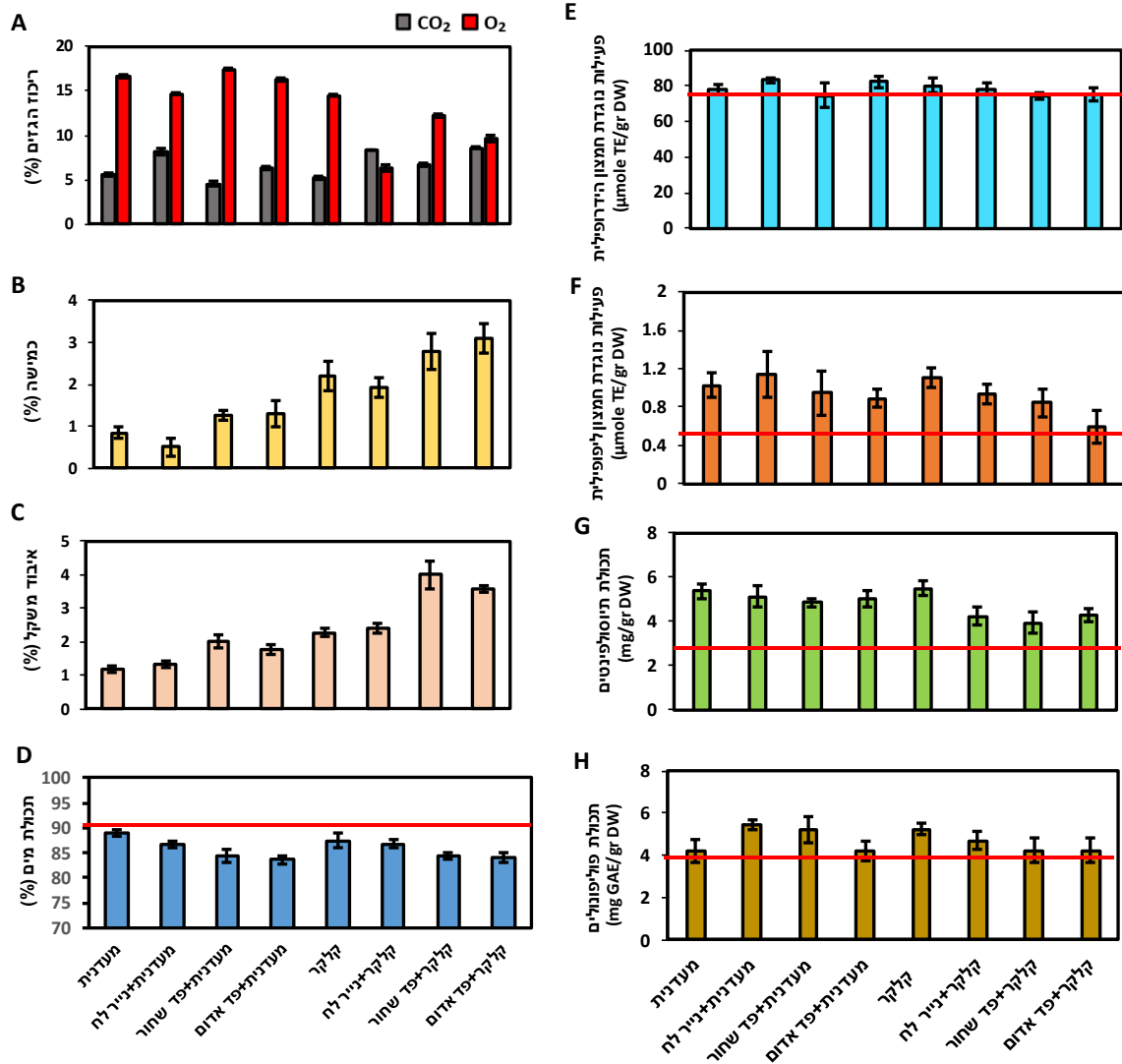
ג.3. מדדי חישה בפרחי אמנון ותמר ולוע ארי

איור 5: השפעת אחסון פרחים מנותקים של אמנון ותמר לבן (א') ולוע ארי אדום (ב') או בורדו (ג') במגשיות קלקר עטופות ביריעת סטרץ' נצמד מסוג פוליאולפין, על תדירות החישה של שישה סוגי טעם בהם. מבחני תדירות החישה בוצעו ע"י צוות של 10 טועמים לאחר אחסון הפרחים במשך יומיים ב- 6 מ"צ ו- 8 ימים ב- 4 מ"צ. התוצאות בגרפים מייצגות ממוצעים של 10 חזרות.



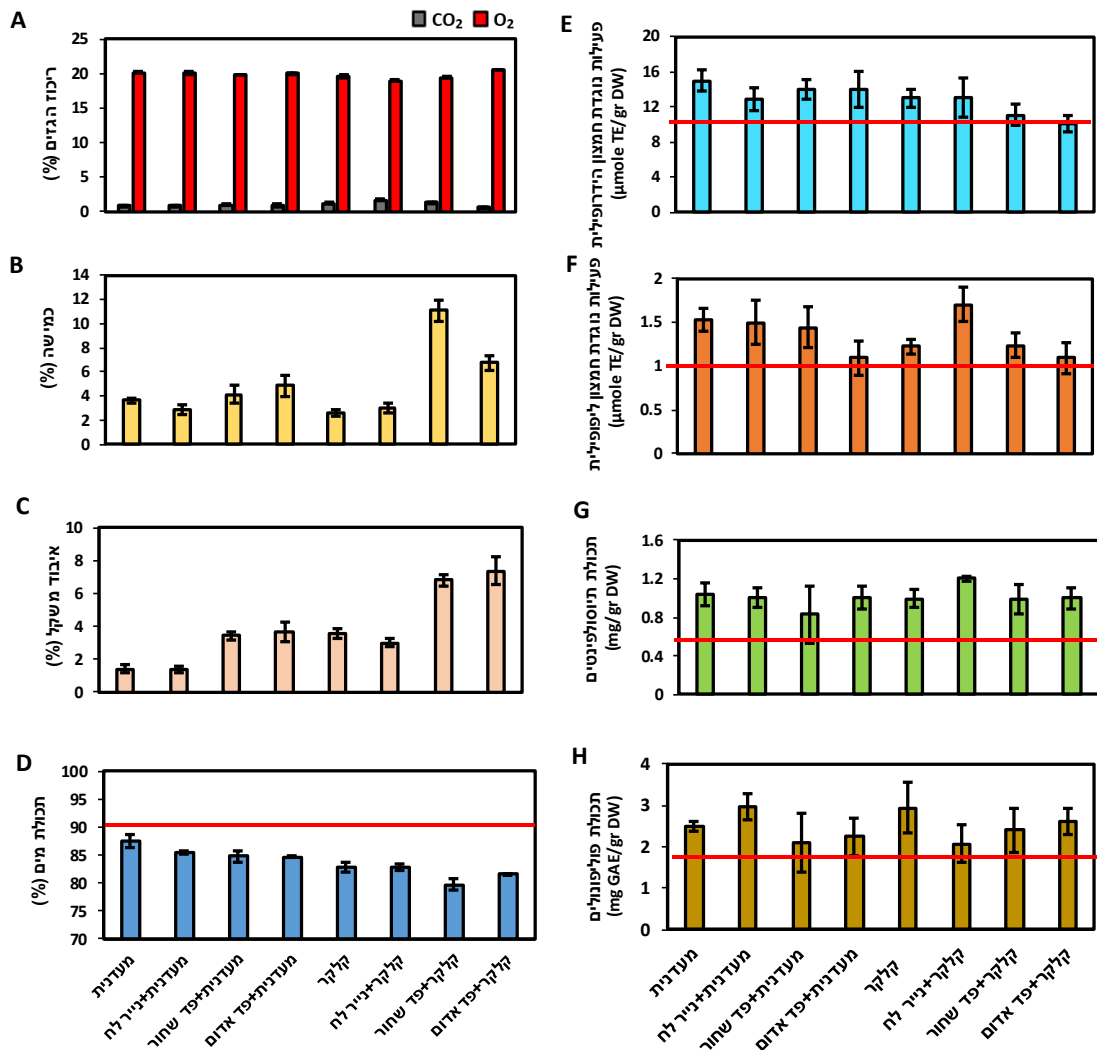
ד. פרחים מהסוגים שום (*Allium*) וטולבגיה (*Tulbaghia*)

ד.1. שום שחור (*Allium nigrum*)



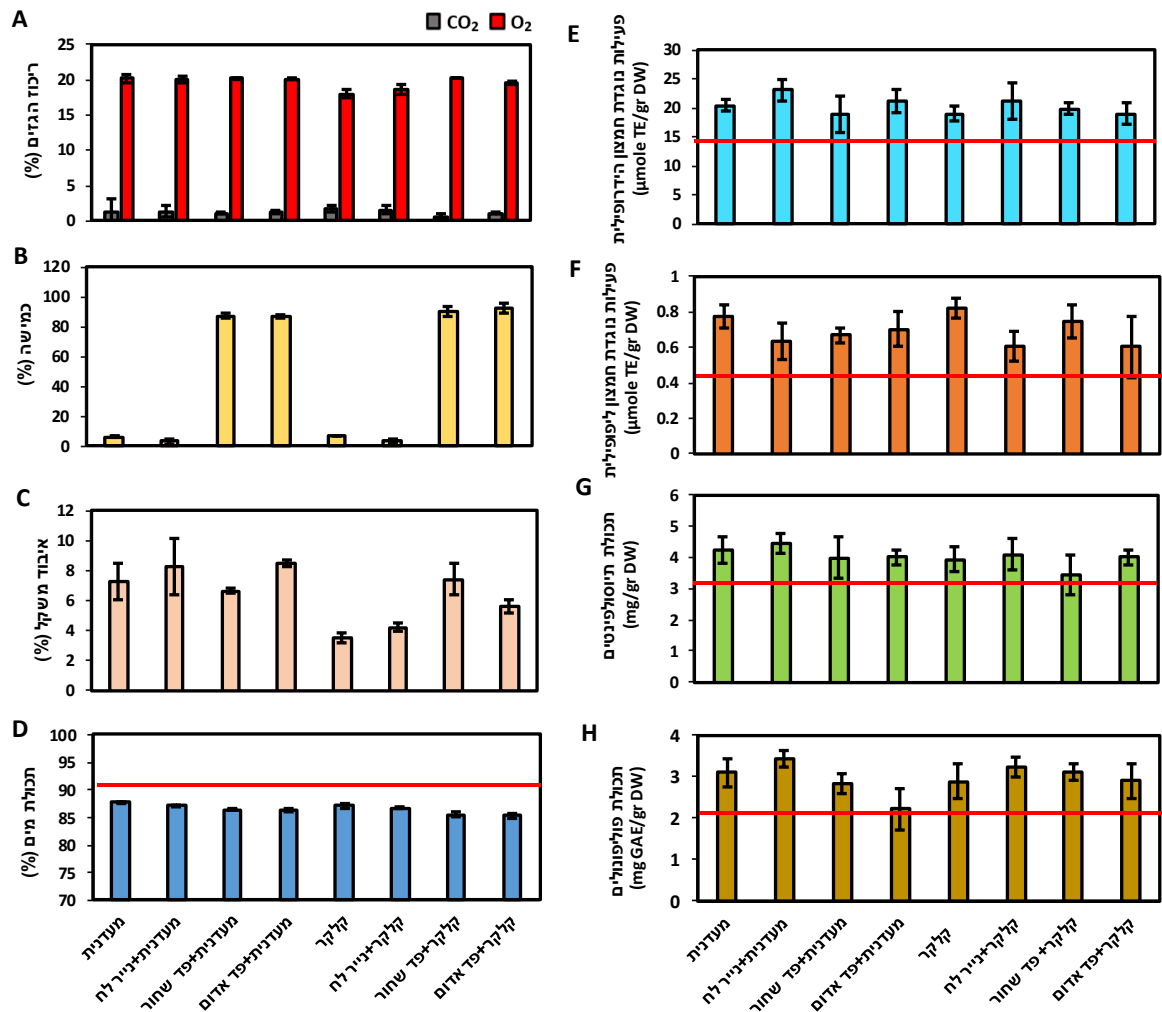
איור 6: השפעת סוג האריזה ותוספת של נייר לח או משטחים סופגי לחות על ריכוזי פד"ח וחמצן באריזות (A), אחוז כמישה (B), אחוז איבוד משקל (C), אחוז תכולת המים (D), פעילות נוגדת חמצון הידרופילית (E) וליפופילית (F), תכולת תיוסולפינוטים (G) ותכולת פוליפנולים (H) בתפרחות של שום שחור בתום האחסון. ראשי התפרחות נארזו בשני סוגי אריזות – קלקר או מעדנית-60 ללא או עם נייר לח ומשטחים סופגי לחות, ואוחסנו במשטר טמפרטורות של 3 ימים ב-6 מ"צ ו-10 ימים ב-4 מ"צ. התוצאות של כל המדדים מייצגות ממוצעים של 3 חזרות ± שגיאת תקן. הקו האדום בגרפים G-D מייצג את ערך המדד בזמן 0 לפני האחסון. TE = Trolox Equivalents.

ד.2. שום משולש (*Allium neapolitanum*)



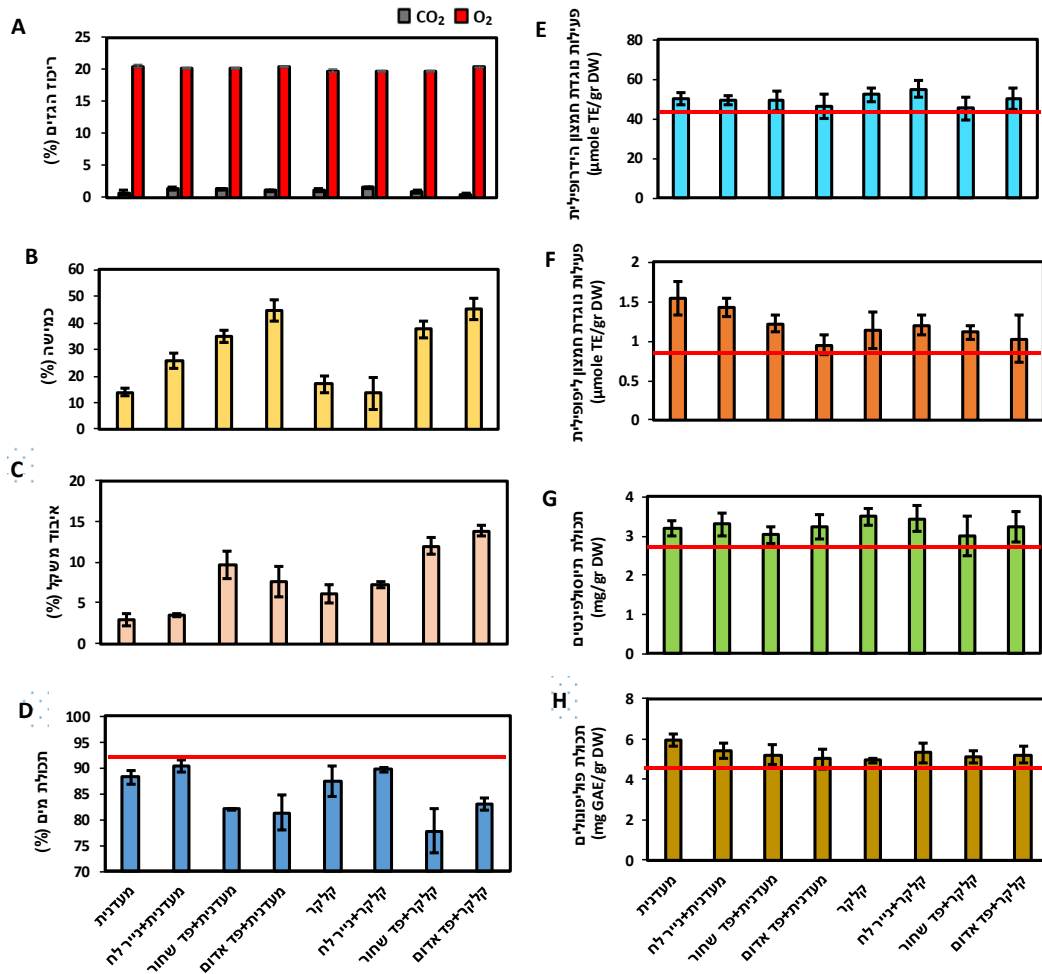
איור 7: השפעת סוג האריזה ותוספת של נייר לח או משטחים סופגי לחות על ריכוזי פד"ח וחמצן באריזות (A), אחוז כמישה (B), אחוז איבוד משקל (C), אחוז תכולת המים (D), פעילות נוגדת חמצון הידרופילית (E) וליפופילית (F), תכולת תיוסולפיניטים (G) ותכולת פוליפנולים (H) **בתפרחות של שום משולש** בתום האחסון. ראשי התפרחות נארזו בשני סוגי אריזות – קלקר או מעדנית-60 ללא או עם נייר לח ומשטחים סופגי לחות, ואוחסנו במשטר טמפרטורות של 3 ימים ב- 6 מ"צ ו- 8 ימים ב- 4 מ"צ. התוצאות של כל המדדים מייצגות ממוצעים של 3 חזרות ± שגיאת תקן. שאר הפרטים הם כמתואר באיור 6.

ד.3. שום דלתוני (*Allium triquetrum*)



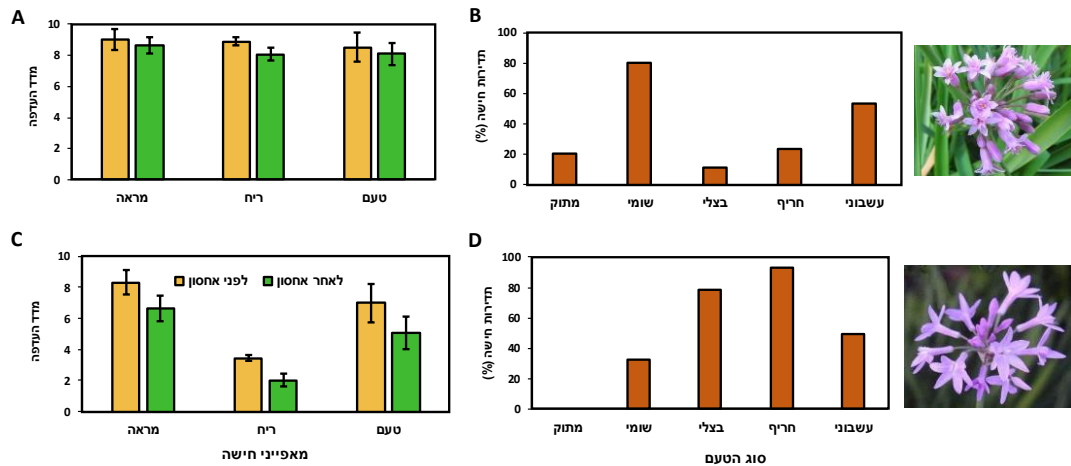
איור 8: השפעת סוג האריזה ותוספת של נייר לח ומשטחים סופגי לחות על ריכוזי פד"ח וחמצן באריזות (A), אחוז כמישה (B), אחוז איבוד משקל (C), אחוז תכולת המים (D), פעילות נוגדת חמצון הידרופילית (E) וליפופילית (F), תכולת תיסולפיניטים (G) ותכולת פוליפנולים (H) בתפרחות של שום דלתוני בתום האחסון. ראשי התפרחות נארזו בשני סוגי אריזות – קלקר או מעדנית-60 ללא או עם נייר לח ומשטחים סופגי לחות, ואוחסנו במשטר טמפרטורות של 3 ימים ב- 6 מ"צ ו- 11 ימים ב- 4 מ"צ. התוצאות של כל המדדים מייצגות ממוצעים של 3 חזרות ± שגיאת תקן. שאר הפרטים הם כמתואר באיור 6.

ד.6. טולבגיה חריפה (*Tulbaghia violacea*)

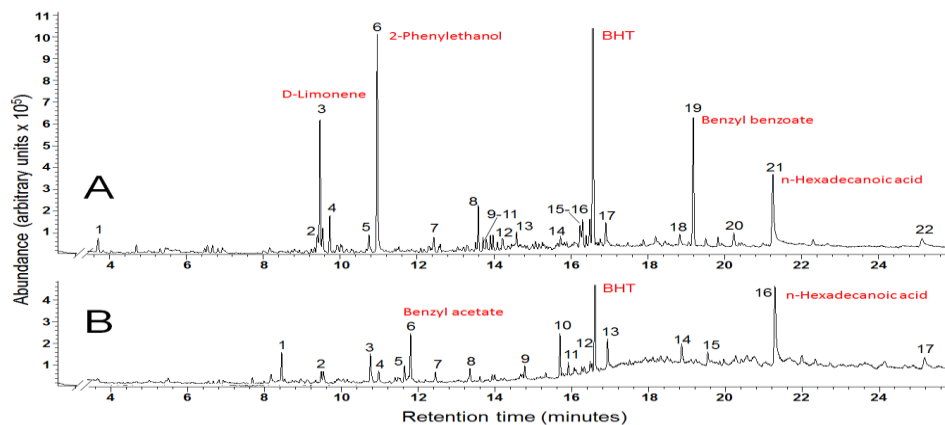


איור 11: השפעת סוג האריזה ותוספת של נייר לח ומשטחים סופגי לחות על ריכוזי פד"ח וחמצן באריזות (A), אחוז כמישה (B), אחוז איבוד משקל (C), אחוז תכולת המים (D), פעילות נוגדת חמצון הידרופילית (E) וליפופילית (F), תכולת תיוסולפיניטים (G) ותכולת פוליפנולים (H) של **תפרחות טולבגיה חריפה** בתום האחסון. ראשי התפרחות נארו בשני סוגי אריזות – קלקר או מעדנית-60 ללא או עם נייר לח ומשטחים סופגי לחות, ואוחסנו במשטר טמפרטורות של טמפרטורות של 3 ימים ב-6 מ"צ ו-10 ימים ב-4 מ"צ. התוצאות של כל המדדים מייצגות ממוצעים של 3 חזרות ± שגיאת תקן. שאר הפרטים הם כמתואר באיור 6.

ד.7. מבחני חישה ואנליזות נדיפים למיני הטולבגיה



איור 12: השפעת האחסון על מדד ההעדפה של מאפייני הטעם, הריח והמראה (A, C), ובחינת תדירות החישה של חמישה סוגי טעם לפני האחסון (B, D) של תפרחות טולבגיה ריחנית (A, B) וחריפה (C, D). מבחני ההעדפה בוצעו על ידי צוות של 10 טועמים לפני ולאחר אחסון של התפרחות באריזת מעדנית למשך 3 ימים ב-6 מ"צ ו-6 ימים או 10 ימים ב-4 מ"צ לגבי טולבגיה ריחנית או חריפה, בהתאמה. ההעדפה דורגה עפ"י סולם הדוני בטווח של 1-9, כאשר 1 = לא מועדף כלל ו-9 = מועדף מאוד. התוצאות בגרפים A, C מייצגות ממוצעים של 10 חזרות \pm שגיאת תקן.



איור 13: פרופיל כרומטוגרמה ב-GC-MS של חומרים נדיפים שהצטברו בחלל האריזות של תפרחות טולבגיה ריחנית (A) וטולבגיה חריפה (B), שאוחסנו באריזת קלקר עטופה ביריעת סטרץ' למשך 3 ימים ב-6 מ"צ. הכרומטוגרמה מייצגת את ההרצה שארכה 27 דקות. המספרים מעל שיאי החומרים בכרומטוגרמה מייצגים סוגי נדיפים שונים עפ"י סדר הופעתם בכרומטוגרמות של אריזות טולבגיה ריחנית וחריפה, כמפורט בטבלאות 1 ו-2, בהתאמה. השיא המסומן כ-BHT (Butylated Hydroxyl Toluene) נפלט מחומרי האריזה ולא מהפרחים.

איור 14: השפעת משך האחסון על הצטברות של כלל התרכובות הארומטיות בחלל האריזות של תפרחות טולבגיה ריחנית (*T. fragrans*) וטולבגיה חריפה (*T. violacea*), שנארוזו באריזת קלקר עטופה ביריעת סטרץ' ואוחסנו למשך 3 ימים ב-6 מ"צ ו-7 ימים ב-4 מ"צ. התוצאות חושבו עפ"י נתוני GC-MS, והן מייצגות ממוצעים של 3 חזרות \pm שגיאת תקן.

